

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ
Федеральное государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Сибирский федеральный университет»

***ИНСТИТУТ ГОРНОГО ДЕЛА, ГЕОЛОГИИ И
ГЕОТЕХНОЛОГИЙ***

Авторы: Макаров В.А., Стримжа Т.П.

**ОСНОВЫ ПОИСКОВ И РАЗВЕДКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ
ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ**

(название дисциплины)

**Теоретическая подготовка: конспект лекций; демонстрационная
презентация лекций**

Красноярск, 2008

Макаров В.А., Стримжа Т.П.

Основы поисков и разведки месторождений полезных ископаемых: теоретическая подготовка: конспект лекций / В.А. Макаров, Т.П. Стримжа; ФГОУ ВПО СФУ ИГДГиГ, Красноярск, 2008. – 143 с.

Рассмотрены геологические основы поисков и разведки месторождений: их классификация по масштабам, промышленному значению, по формам рудных тел, охарактеризованы показатели качества полезного ископаемого. Приведены сведения о правовых основах недропользования. Рассмотрены виды и способы отбора проб, их обработка и испытания. Приведена характеристика способов и технических средств разведки. Рассмотрены вопросы геолого-экономической оценки промышленного значения месторождений твердых полезных ископаемых, обоснование кондиций и методы подсчета запасов; освещен порядок проектирования геологоразведочных работ. Отражены цели, задачи, методы решения и практические приемы производства геологоразведочных работ.

Предназначено для студентов специальностей 130301 «Геологическая съемка, поиски и разведка месторождений полезных ископаемых», 130302 «Поиски и разведка подземных вод и инженерно-геологические изыскания», 130304 «Геология нефти и газа», 130306 «Прикладная геохимия, петрология и минералогия» и дипломированных специалистов, принимающих участие в проектировании геологоразведочных работ, а также может быть полезно специалистам, осуществляющим разведку и эксплуатацию месторождений твердых полезных ископаемых.

Оглавление

Введение	6
Лекция 1	7
1.1. Масштаб месторождения	7
1.2. Классификация месторождений по количеству запасов полезных ископаемых	7
1.3. Морфология тел полезных ископаемых	7
1.4. Условия залегания и мощности рудных тел и залежей ..	8
1.5. Показатели качества полезного ископаемого	9
1.6. Классификация руд по содержанию полезных компо нентов	10
Лекция 2	11
2.1. Классификация ресурсов и запасов полезного ископае мого	11
2.2. Прогнозные ресурсы категории P_1 , P_2 и P_3	11
2.3. Группировка месторождений по сложности геологиче ского строения	13
2.4. Запасы категорий A , B , C_1 и C_2	14
2.5. Классификация запасов по экономическому значению ...	16
Лекция 3	18
3.1. Принципы изучения недр	18
3.2. Стадийность геологоразведочных работ (ГРР)	20
Лекция 4	21
4.1. Главные правовые акты	21
4.2. Положение о лицензировании ГРР	26
4.3. Уполномоченные органы, осуществляющие контроль и надзор за пользование недрами и характер их деятельности	29
Лекция 5	31
5.1. Объекты геологических поисков и прогноза	31
5.2. Поисковые критерии оруденения	32
5.3. Поисковые признаки рудоносности	35
5.4. Природные условия ведения поисковых работ	36
Лекция 6	43
6.1. Классификация методов поисков месторождений полез ных ископаемых	44
6.2. Наземные методы поисков	44
6.3. Дистанционные методы поисков	62
6.4. Подводные поиски	65
Лекция 7	68
7.1. Документация при геологоразведочных работах	68
7.2. Первичная геологическая документация	68

7.3. Документация горных выработок	69
7.4. Сводная геологическая документация	73
Лекция 8	74
8.1. Опробование полезных ископаемых	74
8.2. Виды опробования	75
8.3. Способы взятия проб (точечные, объемные и площад ные, линейные)	79
8.4. Факторы, определяющие выбор способа отбора проб . . .	85
Лекция 9	87
9.1. Обработка проб	87
9.2. Геологический контроль опробования	89
9.3. Оценка достоверности геологического опробования гор ных выработок и скважин	90
9.4. Контроль качества обработки проб	91
9.5. Методы лабораторных исследований	92
9.6. Методы геологического контроля аналитической работы	95
Лекция 10.	96
10.1. Методы разведки.	96
10.2. Технические средства разведки	98
Лекция 11	100
11.1. Характер и степень изменчивости свойств месторожде ний полезных ископаемых	100
11.2. Количественные характеристики основных свойств оруденения (коэффициент рудоносности, показатель сложности, коэффициент вариации мощности и содер жания)	100
11.3. Системы разведочных работ	102
11.4. Группа буровых систем	102
11.5. Группа горных систем	103
11.6. Группа горно-буровых систем	105
Лекция 12	106
12.1. Плотность разведочной сети и достоверность результа тов разведки.	107
12.2. Факторы, определяющие выбор системы разведки	107
12.3. Разведочная сеть	108
12.4. Методы определения рациональной разведочной сети . . .	108
12.5. Содержание и порядок проектирования геологоразведоч ных работ.	109
Лекция 13	113
13.1. Геолого-экономическая оценка промышленного значения МПИ	113
13.2. Кондиции на минеральное сырье	114
13.3. Методика определения кондиций	117

13.4. Разведочные и эксплуатационные кондиции.	119
Лекция 14.	120
14.1. Оконтуривание рудных тел для подсчета запасов	120
14.2. Способы и основные принципы оконтуривания рудных тел	121
14.3. Определение параметров подсчета запасов полезных скопаемых	124
14.4. Средние значения подсчетных параметров m , c и d	125
Лекция 15	127
15.1. Способы (методы) подсчета запасов.	127
15.2. Способ блоков.	128
15.3. Способ разрезов (сечений).	130
15.4. Статистический метод.	132
15.5. Поправочные коэффициенты к подсчету запасов.	133
15.6. Особенности подсчета запасов с использованием ЭВМ.	134
Лекция 16	135
16.1. Технико-экономическое обоснование (ТЭО) промышленного значения месторождения.	135
16.2. Части ТЭО (геологическая, горнотехническая, технологическая, вопросы охраны окружающей среды, подсчет запасов, экономическая)	136
16.3. Показатели эффективности освоения месторождения.	140
Заключение	142
Список рекомендуемой литературы	143

ВВЕДЕНИЕ

Последние десятилетия в сферу промышленного использования непрерывно вовлекаются новые, нетрадиционные виды полезных ископаемых, многие из которых становятся основой технического прогресса и важнейшим стратегическим сырьем. Промышленному освоению полезных ископаемых в обязательном случае предшествует геологоразведочный процесс, включающий в себя поиски и разведку месторождений.

Поисковым работам непременно предшествуют прогнозные геологические работы и создание модели объекта поиска. Основная задача разведки – создание оптимальной модели месторождения и выявление его геолого-промышленных параметров для обоснованного проектирования, строительства и экономически эффективной эксплуатации горнорудного предприятия.

Научные основы поисков и разведки включают систему основных идей, отражающих объективные законы развития геологических процессов приводящих к образованию месторождений полезных ископаемых, закономерности их пространственного размещения в геологических структурах, принципы и научно обоснованные приемы изучения недр, основы моделирования месторождений и свойств полезных ископаемых в недрах.

Геологоразведочный процесс, как и другие геологические исследования, часто находятся на стыке науки и производства, а прогнозно-поисковые работы, как правило, носят научно-производственный характер.

Курс «Основы поисков и разведки месторождений полезных ископаемых» относится к блоку общепрофессиональных дисциплин. Как самостоятельный, данный курс выделен впервые в государственном образовательном стандарте 2000 г. Цель курса – обучить студента основам поисков и разведки месторождений полезных ископаемых. Он является первым в цикле дисциплин посвященных поискам и разведке месторождений и предваряет специальные дисциплины – «Прогнозирование и поиски месторождений полезных ископаемых», «Разведка и геолого-промышленная оценка», «Правовые основы недропользования».

Изучив данный курс, студент получает представление о:

- геологических основах поисков, оценки и разведки;
- принципах поисков и разведки;
- стадийности геологоразведочных работ на твердые полезные иско-

паемые.

По окончании курса студент должен знать:

- методы и технические средства поисков и разведки месторождений полезных ископаемых;
- порядок ведения документации при геологоразведочных работах;
- виды и способы опробования полезных ископаемых, оценку прогнозных ресурсов, оконтуривание и подсчет запасов.

ЛЕКЦИЯ 1

План лекции

1. Масштаб месторождения.
2. Классификация месторождений по количеству запасов полезных ископаемых.
3. Морфология тел полезных ископаемых (плитообразные, изометричные, трубо- и столбообразные тела и тела сложной формы).
4. Условия залегания и мощности рудных тел и залежей.
5. Показатели качества полезного ископаемого.
6. Классификация руд по содержанию полезных компонентов.

1.1. Масштаб месторождения

Промышленное значение месторождения в значительной степени определяется его размером, количеством запасов полезного ископаемого.

1.2. Классификация месторождений по количеству запасов полезных ископаемых

По масштабам и промышленному значению обычно выделяют крупные, средние и мелкие месторождения (табл. 1.1.). Иногда выделяют уникальные месторождения, которые имеют мировое значение (КМА по железу, Никопольское и Чиатурское по марганцу, Витватерсранд по золоту и урану, Клаймекс по молибдену и т.д.).

1.3. Морфология тел полезных ископаемых

Каждое тело полезного ископаемого имеет три измерения в пространстве. В зависимости от этих величин выделяют: плитообразные, изометричные, трубо- и столбообразные, а так же тела сложной формы.

Плитообразные тела имеют форму, вытянутую в двух направлениях - пласт, пластообразная и плащеобразная залежь, линза, жила.

Изометричные тела имеют приблизительно одинаковые измерения в различных направлениях. К ним относятся штоки, штокверки, гнезда и подобные им тела.

Таблица 1.1.

Размерность месторождений полезных ископаемых

Полезное ископаемое	Масштаб месторождений по запасам		
	Крупные	Средние	Мелкие
1	2	3	4
Миллионы тонн			
Уголь бурый	1000	1000-100	100
энергетический	500	500-50	50
коксуемый	300	300-50	50
Железная руда	300	300-50	50
Марганцевая руда	30	30-3	3
Хромитовая руда	10	10-1	1
Бокситы	50	50-5	5
Титан – коренное	10	10-3	3
россыпи (рутил)	1	1-0.1	0.1
россыпи (ильменит)	5	5-0.5	0.5
Фосфориты	30	30-10	10
Апатиты	50	50-10	10
Калийные соли (K ₂ O)	500	500-100	100
Тысячи тонн			
Медь	1000	1000-100	100
Никель	200	200-30	30
Свинец	1000	1000-100	100
Цинк	1000	1000-100	100
Сурьма	100	100-10	10
Олово – коренное	50	50-5	5
россыпи	10	10-1	1
Тонны			
Золото - коренное	50	50-5	5
россыпи	3	3-0.5	0.5

Трубо- и столбообразные тела имеют форму неправильного цилиндра, вытянутого по падению и являются достаточно распространенной формой рудных проявлений.

Тела сложной формы представлены многообразными ступенчатыми или лестничными жилами, сложными жилами и залежами.

1.4. Условия залегания и мощности рудных тел и залежей

По величине угла падения рудных тел различают: горизонтальное (до 5°), пологое (до 25°), наклонное (25-45°), крутое (более 45°) залегание.

По мощности залежей обычно выделяют: 1) тонкие - до 1-1,5 м; 2) средние - от 1-1,5 до 3-4 м; 3) мощные - от 3-4 до 8-10 м; 4) весьма мощные - от 10 до 50 м. Иногда выделяют сверхмощные - более 50 м.

1.5. Показатели качества полезного ископаемого

Свойства полезного ископаемого, определяющие его промышленную ценность и возможности их использования объединяются общим понятием - *качество* полезного ископаемого. Показатели качества весьма разнообразны для каждого минерального вида сырья. К ним относятся химический и минеральный состав, текстурно-структурные особенности, физические и технологические свойства.

Химический состав - важнейшая характеристика качества для большинства руд черных, цветных, редких и благородных металлов, так как качество руд характеризуется прежде всего их химическим составом - содержанием ценных компонентов и вредных примесей.

Химические элементы, входящие в состав полезного ископаемого делятся на главные и попутные компоненты. *Главные* компоненты определяют промышленное значение месторождения, по содержанию главных компонентов проводят контуры рудных тел и промышленных сортов руд. Среди главных компонентов выделяют полезные и вредные (например, в железных рудах полезным компонентом является железо, а вредными - сера и фосфор). Так, богатую серой железную руду перед плавкой необходимо предварительно подвергнуть обогащению или обжигу (агломерации) для удаления серы.

В то же время следует иметь в виду, что сами по себе сера и фосфор являются полезными компонентами, и если их отделить, то они составят дополнительную ценность. Так, при содержании фосфора (более 5 %) в железной руде при томасовском процессе выплавки получают высокосортную сталь и томасовские шлаки - ценное фосфатное удобрение.

В большинстве случаев руда, кроме главных, содержит попутные компоненты. Попутные компоненты делятся на две группы: образующие собственные минералы (так, в магнетитовых рудах сера и медь образуют сульфиды и могут быть выделены в пиритный и медный концентраты); не образующие собственных минералов (например, ванадий входит изоморфно в состав магнетита и извлекается при выплавке стали из мартеновских шлаков). К этой же группе относятся рассеянные элементы: кадмий, индий, торий, галлий, германий, рений и др. При содержании в рудах попутных компонентов - руды называются *комплексными*.

Во многих случаях на качество руд влияет минералогический состав, их структура и текстура. Например, железо, входящее в магнетит, извлекается из руд почти полностью, а находящиеся в силикатных минералах практически не поддаются извлечению. В рудах олова: касситерит - легко извлекается при обогащении, а руды содержащие станнин - практически не поддается обогащению.

От текстурно-структурных особенностей в большой степени зависят технологические свойства руд: мелкодисперсные руды, характеризующиеся

тонким взаимным проращением отдельных минералов отличаются трудной обогатимостью. Некоторые руды алюминиевого сырья сложенные тонкозернистыми агрегатами вообще не поддаются обогащению (так называемые "упорные" бокситы).

Различия в качестве руд требуют выделения на месторождениях участков, сложенных разными рудами, что должно отражаться на геологической документации.

Руды, в которых рудных минералов больше 80 % обычно называют *сплошными* или *массивными*, если рудных минералов меньше 80 % (при вкрапленной текстуре), то руды называются *вкрапленными*. Различают вкрапленность густую (до 50 %), среднюю (до 30 %) и бедную или убогую (менее 30 %).

Содержание полезных компонентов для разных полезных ископаемых выражается: в процентах, в граммах на тонну, в граммах на кубический метр. Для одних полезных ископаемых определяется содержание элементов, для других - содержание оксидов или минералов. Согласно "Положения о порядке учета запасов полезных ископаемых, постановке их на баланс и списания с баланса" на государственном балансе учитываются в виде металлов (элементов): медь, свинец, цинк, золото, платиноиды, молибден, уран, сурьма, ртуть, фтор, рассеянные элементы (галлий, гафний, германий, индий, рений, рубидий, селен, скандий, таллий, теллур, цезий); в виде оксидов: MgO , Nb_2O_5 , TiO_2 , Ta_2O_5 , K_2O , ZrO_2 , LiO_2 , V_2O_5 ; редкоземельные металлы (сумма TR_2O_3); в виде минералов: асбест, флюорит, гранат, корунд, алмаз, мусковит. Ряд полезных ископаемых (хром, железо, марганец, бокситовые и нефелиновые руды и др.) государственным балансом учитываются только в виде руд, качество которых определяется требованиями ГОСТов, стандартов и технических условий.

1.6. Классификация руд по содержанию полезных компонентов

Руды по содержанию полезных компонентов делятся на: *богатые, рядовые (средние) и бедные (убогие)*. Для ориентировки в оценке качества руд в таблице 1.2. приведены примерные характеристики некоторых полезных ископаемых по содержанию полезных компонентов.

Таблица 1.2.

Примерные характеристики некоторых руд по качеству

Полезное ископаемое	Ед. изм	Содержание полезного компонента		
		Богатые	Средние (рядовые)	Бедные (убогие)
Железная руда (содержание железа)	%	>50	50-30	<30
Медная руда (содержание меди)	"	>3	1-3	<1
Полиметаллические руды (содержание свинец+цинк)	"	>5	5-15	<5
Олово: жильные месторождения	"	>3	1-3	<1
крупные штокверки	"	>1	0,3-1	<0.3
россыпи	кг/м ³	>10	1-10	<1
Золото: коренное	г/т	>10	5-10	<5
россыпи	г/м ³	>5	1-5	<1
Уран (зарубежные данные)	%	>0.3	0.1-0.3	<0.1
Фосфориты (содержание P ₂ O ₅)	"	>20	10-20	6-10

ЛЕКЦИЯ 2

План лекции

1. Классификация ресурсов и запасов полезного ископаемого
2. Прогнозные ресурсы категории P_1 , P_2 и P_3
3. Группировка месторождений по сложности геологического строения
4. Запасы категорий A , B , C_1 и C_2
5. Классификация запасов по экономическому значению

2.1. Классификация ресурсов и запасов полезного ископаемого

В Российской Федерации приняты единые принципы подсчета, оценки и государственного учета запасов и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых.

Запасы полезных ископаемых подсчитываются в недрах без введения поправок на потери и разубоживание при добыче, обогащении и переработке. Подсчет и учет запасов полезных ископаемых производится по объектам (месторождениям) в единицах массы или объема.

2.2. Прогнозные ресурсы категории P_1 , P_2 и P_3

Прогнозные ресурсы по степени их обоснованности подразделяются на категории P_1 , P_2 и P_3 .

Прогнозные ресурсы категории P_1 учитывают возможность выявления новых рудных тел полезного ископаемого на рудопроявлениях, разведанных и разведываемых месторождениях. Для количественной оценки ресурсов этой категории используются геологически обоснованные представления о размерах и условиях залегания известных тел.

Оценка ресурсов основывается на результатах геологических, геофизических и геохимических исследований площадей возможного нахождения полезного ископаемого, а также на материалах одиночных структурных и поисковых скважин и геологической экстраполяции структурных, литологических, стратиграфических и других особенностей, установленных на более изученной части месторождения и определяющих площади и глубину распространения полезного ископаемого, представляющего промышленный интерес.

Прогнозные ресурсы категории P_2 учитывают возможность обнаружения в бассейне, рудном районе, узле, поле новых месторождений полезных ископаемых, предполагаемое количество которых основывается на положительной оценке выявленных при крупномасштабной геологической съемке и поисковых работах проявлений полезного ископаемого, а также геофизических и геохимических аномалий, природа и возможная перспективность которых установлены единичными выработками. Количественная оценка ресурсов, представления о размерах предполагаемых месторождений, минеральном составе и качестве руд основываются на аналогиях с известными месторождениями того же формационного (генетического) типа. Прогнозные ресурсы оцениваются до глубин, доступных для эксплуатации при современном и возможном в ближайшей перспективе уровне техники и технологии разработки месторождений. Возможное изменение параметров кондиций по сравнению с аналогичными месторождениями должно иметь соответствующее обоснование.

Прогнозные ресурсы категории P_3 учитывают лишь потенциальную возможность открытия месторождений того или иного вида полезного ископаемого на основании благоприятных магматических, стратиграфических, литологических, тектонических и палеогеографических предпосылок, выявленных в оцениваемом районе при средне- и мелкомасштабном региональном геологическом изучении недр, дешифрировании космических снимков, а также при анализе результатов геофизических и геохимических исследований. Количественная оценка ресурсов этой категории производится без привязки к конкретным объектам по предположительным параметрам на основе аналогии с более изученными районами, площадями, бассейнами, где имеются разведанные месторождения того же генетического типа.

2.3. Группировка месторождений по сложности геологического строения

В зависимости от сложности геологического строения месторождения подразделяются на следующие группы:

1-я группа. Месторождения (участки) простого геологического строения с крупными и весьма крупными, реже средними по размерам телами полезных ископаемых с ненарушенным или слабонарушенным залеганием, характеризующимися устойчивыми мощностью и внутренним строением, выдержанным качеством полезного ископаемого, равномерным распределением основных ценных компонентов.

Особенности строения месторождений (участков) определяют возможность выявления в процессе разведки запасов категорий *A*, *B*, *C₁* и *C₂* (будут охарактеризованы ниже).

2-я группа. Месторождения (участки) сложного геологического строения с крупными и средними по размерам телами с нарушенным залеганием, характеризующимися неустойчивыми мощностью и внутренним строением, либо невыдержанным качеством полезного ископаемого и неравномерным распределением основных ценных компонентов. Ко второй группе относятся также месторождения углей, ископаемых солей и других полезных ископаемых простого геологического строения, но со сложными или очень сложными горно-геологическими условиями разработки.

Особенности строения месторождений (участков) определяют возможность выявления в процессе разведки запасов категорий *B*, *C₁* и *C₂*.

3-я группа. Месторождения (участки) очень сложного геологического строения со средними и мелкими по размерам телами полезных ископаемых с интенсивно нарушенным залеганием, характеризующимися очень изменчивыми мощностью и внутренним строением либо значительно невыдержанным качеством полезного ископаемого и очень неравномерным распределением основных ценных компонентов.

Запасы месторождений этой группы разведываются преимущественно по категориям *C₁* и *C₂*.

4-я группа. Месторождения (участки) с мелкими, реже средними по размерам телами с чрезвычайно нарушенным залеганием либо характеризующиеся резкой изменчивостью мощности и внутреннего строения, крайне неравномерным качеством полезного ископаемого и прерывистым гнездовым распределением основных ценных компонентов. Запасы месторождений этой группы разведываются преимущественно по категории *C₂*.

При отнесении месторождений к той или иной группе могут использоваться количественные показатели оценки изменчивости основных свойств оруденения, характерные для каждого конкретного вида полезного ископаемого.

2.4. Запасы категорий *A*, *B*, *C₁* и *C₂*

Запасы твердых полезных ископаемых *по степени их разведанности* подразделяются на категории *A*, *B*, *C₁* и *C₂*.

Запасы категории *A* выделяются на участках детализации месторождений 1-й группы сложности и должны удовлетворять следующим требованиям:

- установлены размеры, форма и условия залегания тел полезных ископаемых, изучены характер и закономерности изменчивости их морфологии и внутреннего строения, выделены и оконтурены безрудные и некондиционные участки внутри тел полезного ископаемого, при наличии разрывных нарушений установлены их положение и амплитуда смещения;

- определены природные разновидности, выделены и оконтурены промышленные (технологические) типы и сорта полезного ископаемого, установлены состав и свойства; качество их охарактеризовано по всем предусмотренным промышленностью параметрам;

- изучены распределение и формы нахождения в минералах и продуктах пределов полезного ископаемого ценных и вредных компонентов;

- контур запасов определен в соответствии с требованиями кондиций по скважинам и горным выработкам по результатам их детального опробования.

Отнесение запасов к категории *A* практически означает, что в пределах каждого подсчетного блока детальность выяснения морфологических особенностей и строения залежей должны обеспечивать только один, единственно правильный вариант увязки разведочных данных по смежным горным выработкам и скважинам. Оконтуривание запасов категории *A* производится по предельно густой сети разведочных выработок только путем интерполяции данных между смежными пересечениями.

Запасы категории *B* выделяются на участках детализации месторождений 1-й и 2-й групп сложности геологического строения и должны удовлетворять следующим требованиям:

- установлены размеры, основные особенности и изменчивость формы и внутреннего строения, условия залегания тел полезного ископаемого, пространственное размещение внутренних безрудных и некондиционных участков; при наличии крупных разрывных нарушений установлены их положение и амплитуды смещений, охарактеризована возможная степень развития малоамплитудных нарушений;

- определены природные разновидности, выделены и при возможности, оконтурены промышленные (технологические) типы полезного ископаемого; при невозможности оконтуривания установлены закономерности пространственного распределения и количественного соотношения промышленных (технологических) типов и сортов полезного ископаемого охарактеризовано по всем предусмотренным кондициями параметрам;

- определены минеральные формы нахождения полезных и вредных компонентов;

- контур запасов полезного ископаемого определен в соответствии с требованиями кондиций по результатам опробования скважин и горных выработок с включением в него ограниченной зоны экстраполяции, обоснованной геологическими критериями, данными геофизических и геохимических исследований.

Запасы категории C_1 составляют основную часть запасов разведываемых месторождений 1-й, 2-й и 3-й групп, а также выделяются на участках дедатализации месторождений 4-й группы сложности и должны удовлетворять следующим основным требованиям:

- выяснены размеры и характерные формы тел полезного ископаемого, основные особенности условий их залегания и внутреннего строения, оценены изменчивость и возможная прерывистость тел полезного ископаемого, а для пластовых месторождений и месторождений строительного и облицовочного камня также наличие площадей развития малоамплитудных тектонических нарушений;

- определены природные разновидности и промышленные (технологические) типы полезного ископаемого, установлены общие закономерности их пространственного распространения и количественные соотношения промышленных (технологических) типов и сортов полезного ископаемого, минеральные формы нахождения полезных и вредных компонентов; качество выделенных промышленных (технологических) типов и сортов охарактеризовано по всем предусмотренным кондициями параметрам;

- контур запасов полезного ископаемого определен в соответствии с требованиями кондиций по результатам опробования скважин и горных выработок, с учетом данных геофизических и геохимических исследований и геологически обоснованной экстраполяции.

Запасы категории C_2 выделяются при разведке месторождений всех групп сложности, а на месторождениях 4-й группы составляют основную часть запасов и должны удовлетворять следующим требованиям:

- размеры, форма, внутреннее строение тел полезного ископаемого и условия их залегания оценены по геологическим и геофизическим данным и подтверждены вскрытием полезного ископаемого ограниченным количеством скважин и горных выработок;

- качество и технологические свойства полезного ископаемого определено либо по единичным лабораторным пробам, либо по аналогии с более изученными участками того же или аналогичного месторождения;

- контур запасов полезного ископаемого определен в соответствии с требованиями кондиций на основании опробования ограниченного количества скважин, горных выработок, естественных обнажений или по их совокупности, с учетом данных геофизических и геохимических исследований и геологических построений, а также путем геологически обоснованной экстрапо-

ляции параметров, определенных при подсчете запасов более высоких категорий.

При разделении запасов полезных ископаемых по категориям в качестве дополнительного классификационного показателя могут использоваться количественные и вероятностные оценки точности и достоверности определения основных подсчетных параметров.

2.5. Классификация запасов по экономическому значению

Запасы твердых полезных ископаемых по их *экономическому* значению подразделяются на две основные группы, подлежащие раздельному подсчету и учету:

балансовые (экономические);

забалансовые (потенциально экономические)

Балансовые (экономические) запасы подразделяются:

а) на запасы, извлечение которых на момент оценки согласно технико-экономическим расчетам экономически эффективно в условиях конкурентного рынка при использовании техники и технологии добычи и переработки сырья, обеспечивающих соблюдение требований по рациональному использованию недр и охране окружающей среды;

б) на запасы, извлечение которых на момент оценки согласно технико-экономическим расчетам не обеспечивает экономически приемлемую эффективность их разработки в условиях конкурентного рынка из-за низких технико-экономических показателей, но освоение которых становится экономически возможным при осуществлении со стороны государства специальной поддержки недропользователя в виде налоговых льгот, субсидий и т.п. (гранично экономические или пограничные запасы).

Забалансовые (потенциально экономические) запасы. К ним относятся:

а) запасы, отвечающие требованиям, предъявляемым к балансовым запасам, но использование которых на момент оценки невозможно по горно-техническим, правовым, экологическим и другим обстоятельствам;

б) запасы, извлечение которых на момент оценки согласно технико-экономическим расчетам экономически нецелесообразно вследствие низкого содержания полезного компонента, малой мощности тел полезного ископаемого или особой сложности условий их разработки или переработки, но использование которых в ближайшем будущем может стать экономически эффективным в результате повышения цен на минерально-сырьевые ресурсы, или при техническом прогрессе, обеспечивающим снижение издержек производства.

Забалансовые запасы подсчитываются и учитываются в случае, если технико-экономическими расчетами установлена возможность их сохранения

в недрах для последующего извлечения или целесообразность попутного извлечения, складирования и сохранения для использования в будущем.

При подсчете забалансовых запасов производится их подразделение в зависимости от причин отнесения к забалансовым (экономических, технологических, горнотехнических, экологических и т.п.).

Оценка балансовой принадлежности запасов полезных ископаемых производится на основании специальных технико-экономических обоснований, подтвержденных государственной экспертизой. В этих обоснованиях должны быть предусмотрены наиболее эффективные способы разработки месторождений, дана их стоимостная оценка и предложены параметры кондиций, обеспечивающие максимально полное и комплексное использование запасов с учетом требований природоохранительного законодательства.

Месторождения полезных ископаемых по степени их *изученности* подразделяются на:

- разведанные;
- оцененные.

К *разведанным* относятся месторождения, запасы которых, их качество, технологические свойства, гидрогеологические и горно-геологические условия разработки изучены по скважинам и горным выработкам с полнотой, достаточной для технико-экономического обоснования решения о порядке и условиях их вовлечения в промышленное освоение, а также о проектировании строительства или реконструкции на их базе горнодобывающего предприятия. Разведанные месторождения по степени изученности должны обеспечивать возможность квалификации запасов по категориям, соответствующим группе сложности геологического строения месторождения.

К *оцененным* относятся месторождения, запасы которых, их качество, технологические свойства, гидрогеологические и горно-геологические условия разработки изучены в степени, позволяющей обосновать целесообразность дальнейшей разведки и разработки.

Оцененные месторождения по степени изученности должны обеспечивать возможность квалификации всех или большей части запасов по категории C_2 .

ЛЕКЦИЯ 3

План лекции

1. Принципы изучения недр:

- последовательных приближений;
- аналогии;
- выборочной детализации;
- полноты исследования;
- равномерности;
- наименьших трудовых затрат;
- наименьших материальных затрат;
- наименьших затрат времени;

2. Стадийность геологоразведочных работ:

- работы общегеологического и минерагенического назначения;
- поиски и оценка месторождений;
- разведка и освоение месторождений.

3.1. Принципы изучения недр

Земные недра в полном объеме недоступны для непосредственного наблюдения и поэтому познаются преимущественно выборочным путем по сети пространственно разобщенных естественных обнажений и (или) системы горных выработок. Полнота и достоверность представлений о строении, составе недр и содержащихся в них залежей полезных ископаемых зависят, прежде всего, от густоты сети наблюдений, характера и степени неоднородности изучаемых объектов. Чем меньше размеры и выше изменчивость (прерывистость) свойств месторождений, тем более плотная сеть наблюдений требуется для получения достоверных данных о его составе и строении.

Геологоразведочный процесс, несмотря на большое разнообразие месторождений, имеет в конечном итоге одну и ту же задачу – выявление и оценку запасов залегающих в недрах полезных ископаемых. В связи с этим, в основу поисков и разведки любого месторождения могут быть заложены одни и те же принципы. А.Б.Каждан (1984) считает, что методологические подходы к изучению недр определяют три основных положения: 1) принцип последовательных приближений; 2) принцип аналогии; 3) принцип выборочной детализации наблюдений.

Согласно *принципу последовательных приближений*, изучение недр производится от общего к частному. При поисках и разведке полезных ископаемых оно начинается с выявления крупных рудоносных площадей (металлогенических провинций и зон, рудных районов) и отбраковки прилегающих к ним заведомо неперспективных территорий. После этого производится более детальное изучение выявленных рудоносных площадей с последователь-

ным выделением внутри них наиболее продуктивных структур и участков, отвечающих рангам рудных узлов и полей. Завершается процесс обнаружением и разведкой месторождений полезных ископаемых с целью подсчета запасов минерального сырья и геолого-экономической оценки значимости их. Реализация принципа последовательных приближений, таким образом, происходит путем разделения геологоразведочного процесса на ряд стадий, в каждой из которых последовательно сужаются границы объектов исследований, а сами объекты изучаются со всевозрастающей детальностью. Стадии геологоразведочных работ по сути дела и создают цепь последовательных приближений в познании месторождений полезных ископаемых как конечного продукта геологоразведочного процесса.

Принцип аналогии базируется на чертах сходства условий залегания, строения, состава и масштаба месторождений, сформированных в близких геологических условиях. Так, общими свойствами характеризуются месторождения, относящиеся к определенному геолого-промышленному типу (колчеданный медный и полиметаллический, плутоногенный гидротермальный медно-порфировый, стратиформный свинцово-цинковый и др.) или единой рудной формации (кварц-касситеритовая, формация медистых песчаников и т.д.). Степень подобия месторождений всегда выше у близко расположенных объектов единого геолого-промышленного типа. Еще большим подобием обладают рудные залежи конкретного месторождения, особенно смежные участки их. С позиции принципа аналогии создание соизмеримых эталонов-аналогов необходимо при решении любых прогнозно-металлогенических, поисковых и разведочных задач.

Принцип выборочной детализации предусматривает сочетание геологоразведочных работ в объеме всего объекта изучения с выборочными, более детальными работами на отдельных его участках. Важно правильно выбрать эталонные участки и обеспечить рационально сочетание объемов общих детализационных работ и оптимальную степень геологических наблюдений. Участки детализационных работ, как эталоны-аналоги, должны быть представительными для изучаемого объема недр. При проведении поисков опережающие детализационные работы проводятся на рудопроявлениях, геофизических и геохимических аномалиях, а при разведке – на типичных участках месторождений, рудных зон или залежей. На эксплуатируемых объектах в качестве эталонов-аналогов используются типовые отработанные участки месторождений.

В.М. Крейтер (1961) основными положениями разведки считал: 1) принцип полноты исследования; 2) принцип последовательных приближений; 3) принцип равномерности (равной достоверности); 4) принцип наименьших трудовых и материальных затрат; 5) принцип наименьших затрат времени.

Принцип полноты исследования базируется на необходимости относительно полного и всестороннего освещения объекта работ. Он включает в себя следующие требования: 1) оконтуривание всего месторождения, всех составляющих его залежей полезного ископаемого; 2) полное пересечение по-

лезного ископаемого или рудной зоны разведочными выработками; 3) полное и всестороннее изучение качества основного полезного ископаемого и сопутствующих ему полезных минеральных скоплений; 4) использование всех данных, полученных с помощью разведочных выработок и других наблюдений, для выяснения гидрогеологических, инженеро-геологических и горнотехнических особенностей месторождения.

Второй принцип разведки по В.М. Крейтеру (*принцип последовательных приближений*) аналогичен первому принципу А.Б.Каждана. Принцип равномерности (*равной достоверности*) вытекает из необходимости более или менее равномерного освещения всего разведываемого месторождения. Он предполагает выполнение следующих требований: 1) равномерное освещение разведочными выработками всего месторождения или отдельных его участков, находящихся в одной и той же стадии разведки; 2) равномерное распределение пунктов опробования в пределах разведочной выработки или участка месторождения; 3) применение на разных участках месторождения технических разведочных средств, дающих соизмеримые результаты; 4) применение равнозначных и равноточных методик исследования вещества.

Принцип наименьших трудовых и материальных затрат предполагает, что количество разведочных выработок, количество проб и объемы всех видов исследований должны быть минимальными, но достаточными для решения задач разведки. Этот принцип предостерегает геолога от возможностей “переразведки” месторождения.

Принцип наименьших затрат времени выражается в необходимости проводить поиски и разведку в кратчайшие сроки, не нарушая других принципов геологоразведочного процесса.

3.2. Стадийность геологоразведочных работ (ГРР)

При проведении геологических исследований придерживаются стадийности геологоразведочных работ, заключающейся в последовательности детализации изучения площадей при одновременном уменьшении размеров изучаемых участков согласно принципу последовательных приближений в изучении недр. Общие положения такого подхода к проведению геологоразведочных работ основаны В.М. Крейтером. В дальнейшем эти идеи получили свое развитие в работах А.Б. Каждана, который первоначально выделил четыре стадии: геологопрогнозную, поисковую, разведочную и геологоразведочные работы в условиях действующего предприятия. Первые три стадии геологоразведочных работ были подразделены на подстадии. В.А. Ларичкин весь процесс геологоразведочных исследований подразделил на 6 стадий, заканчивающихся эксплуатационной разведкой. Эта схема стадийности была использована в учебнике Е.О. Погребницкого с соавторами (1977). Труды этих и других геологов сыграли основную роль в создании единой схемы, отражен-

ной в приказе Министерства геологии СССР о стадийности геологоразведочных работ (приказ № 161 от 20 апреля 1984 г.), методических указаниях ВИ-ЭМС о проведении геологоразведочных работ на твердые полезные ископаемые по стадиям (1984 г.) и в учебнике А.Б. Каждана (1984г.)

3 февраля 1998 г. распоряжением № 16-Р Министерства природных ресурсов Российской Федерации утверждено новое временное положение о порядке проведения геологоразведочных работ по этапам и стадиям на твердые полезные ископаемые, которое действует по настоящее время. В зависимости от целей процесс геологического изучения недр подразделяется на 3 этапа и 5 стадий:

Этап I. Работы общегеологического назначения.

Стадия 1. региональное геологическое изучение недр.

Этап II. Поиски и оценка месторождений.

Стадия 2. Поисковые работы.

Стадия 3. Оценка месторождений.

Этап III. Разведка и освоение месторождения.

Стадия 4. разведка месторождения.

Стадия 5. Эксплуатационная разведка.

Разделение геологоразведочных работ на стадии, цели и результаты работ по стадиям приведены ниже (табл. 3.1).

ЛЕКЦИЯ 4

План лекции

- 1. Главные правовые акты, определяющие условия недропользования: «Закон РФ «О недрах» (редакция 2000 г.), Федеральные законы «О соглашениях о разделе продукции (СРП)» (редакция 1999 г.) и т.д.**
- 2. Положение о лицензировании ГРР**
- 3. Уполномоченные органы, осуществляющие контроль и надзор за пользование недрами и характер их деятельности**

Месторождения полезных ископаемых являются частью недр, т.е. частью земной коры, расположенной ниже почвенного слоя, а при его отсутствии – ниже поверхности земли и дна водоемов и водотоков, простирающихся до глубины, доступной для геологического изучения и освоения.

Таблица 3.1.

Этапы и стадии геологоразведочных работ
(твердые полезные ископаемые)

Этап, стадия	Объект изучения	Цель работ	Основной конечный результат
1	2	3	4
<p>Этап I. Работы общегеологического и минерагенического назначения.</p> <p>Стадия 1. Региональное геологическое изучение недр и прогнозирование полезных ископаемых.</p>	<p>Территория Российской Федерации, её крупные геологоструктурные, административные, экономические, горнорудные и нефтегазоносные регионы, шельф и исключительная экономическая зона, глубинные части земной коры, районы с напряженной экологической обстановкой, районы интенсивного промышленного и гражданского строительства, мелиоративных и природоохранных работ и др.</p>	<p>Создание фундаментальной многоцелевой геологической основы прогнозирования полезных ископаемых, обеспечение различных отраслей промышленности и сельского хозяйства систематизированной геологической информацией для решения вопросов в области геологоразведочных работ, горного дела, мелиорации, строительства, обороны, экологии и т.п.</p>	<p>Комплекты обязательных и специальных геологических карт различного назначения масштабов 1:1000000, 1:250000, 1:50000; сводные и обзорные карты геологического содержания масштабов 1:1500000 и мельче, комплекты карт, схем и разрезов глубинного строения недр Российской Федерации и её регионов; комплексная оценка минерагенического потенциала и изученных территорий с выделением перспективных рудных районов и узлов, зон угленосных бассейнов; определение прогнозных ресурсов категорий P_3 и P_2; оценка состояния геологической среды и прогноз её изменения.</p>

Продолжение табл. 3.1.

1	2	3	4
<p>Этап II. Поиски и оценка месторождений.</p> <p>Стадия 2. Поисковые работы.</p>	<p>Бассейны, рудные районы, узлы и поля с оцененными прогнозными ресурсами категорий P_3 и P_2.</p>	<p>Геологическое изучение территории поисков, выявление проявлений и месторождений полезных ископаемых; определение целесообразности их дальнейшего изучения.</p>	<p>Комплексная оценка геологического строения и перспектив исследованных площадей, выявленные проявления и месторождения полезных ископаемых с оценкой их прогнозных ресурсов по категориям P_2 и P_1; оценка возможности их освоения на основе укрупненных показателей; обоснование целесообразности и очередности дальнейших работ.</p>
<p>Стадия 3. Оценочные работы.</p>	<p>Проявления и месторождения полезных ископаемых с оцененными ресурсами категорий P_2 и P_1.</p>	<p>Геологическое изучение и геолого-экономическая оценка проявлений и месторождений; отбраковка проявлений, не представляющих промышленной ценности.</p>	<p>Месторождения полезных ископаемых с оценкой их запасов по категориям C_1 и C_2, а по менее изученным участкам – прогнозных ресурсов категории P_1; технико-экономическое обоснование временных кондиций и промышленной ценности месторождения.</p>
<p>Этап III. Разведка и освоение месторождений.</p> <p>Стадия 4. Разведка месторождения.</p>	<p>Месторождения полезного ископаемого с оцененными запасами по категориям C_2 и C_1 и прогнозными ресурсами категории P_1.</p>	<p>Изучение геологического строения, технологических свойств полезного ископаемого, гидрогеологических, инженерно-геологических условий отработки месторождения; ТЭО освоения месторождения; уточнение геологического строения месторождения в процессе освоения на недостаточно изученных участках (фланги, глубокие горизонты) с переводом запасов из низших в более высокие категории.</p>	<p>Геологические, гидрогеологические, горно-геологические, технологические и другие данные, необходимые для составления ТЭО освоения месторождения; подсчитанные запасы по категориям A, B, C_1 и C_2.</p>

1	2	3	4
Стадия 5. Эксплуатационная разведка	Эксплуатационные этажи, горизонты, блоки, уступы, подготавливаемые для очистных работ.	Уточнение полученных при разведке данных для оперативного планирования добычи, контроль за полнотой и качеством отработки запасов.	Запасы подготовленных и готовых к выемке блоков; исходные материалы для оценки полноты отработки месторождения, уточнение потерь и разубоживания полезного ископаемого.

В таблице 3.2. отражены стадии геологоразведочных работ на нефть и газ и показано их содержание.

Таблица 3.2.

Схема стадийности геологоразведочных работ на нефть и газ

Этап	Стадия	Объекты изучения	Основные задачи	Итоговая оценка ресурсов
1	2	3	4	5
Региональный.	Прогноза нефтегазозноности.	Осадочные бассейны и их части.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Выявление литолого-стратиграфических комплексов, структурных этажей, ярусов и структурно-фациальных зон, определение характера основных этапов геотектонического развития, тектоническое районирование. 2. Выделение нефтегазоперспективных комплексов (резервуаров) и зон возможного нефтегазонакопления, нефтегазогеологическое районирование. 3. Качественная и количественная оценка перспектив нефтегазозноности. 4. Выбор основных направлений и первоочередных объектов дальнейших исследований. 	Прогнозные ресурсы D_2 и частично D_1 .
	Оценка зон нефтегазонакопления.	Нефтегазоперспективные зоны и зоны нефтегазонакопления.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Выявление субрегиональных и зональных структурных соотношений между различными нефтегазоперспективными и литолого-стратиграфическими комплексами, основных закономерностей распространения свойств пород коллекторов и флюидоупоров и изменения их свойств. 2. Уточнение нефтегазогеологического районирования. 3. Количественная оценка перспектив нефтегазозноности. 4. Выбор районов и установление очередности проведения на них поисковых работ. 	Прогнозные ресурсы D_2 и частично D_1 .

Продолжение табл. 3.2.

1	2	3	4	5
Поисково-оценочный.	Выявление объектов поискового бурения.	Районы с установленной или возможной нефтегазоносностью.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Выявление условий залегания и других геолого-геофизических свойств нефтегазоносных и нефтегазоперспективных комплексов. 2. Выявление перспективных ловушек. 3. Количественная оценка прогнозных локализованных ресурсов. 4. Выбор объектов для детализационных работ. 	Прогнозные локализованные ресурсы Д _{1л} .
	Подготовки объектов к поисковому бурению.	Выявленные ловушки.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Детализация выявленных перспективных ловушек, позволяющая прогнозировать пространственное положение залежей. 2. Количественная оценка перспективных ресурсов на объектах, подготовленных к поисковому бурению. 3. Выбор объектов и определение их очередности их ввода в поисковое бурение. 	Перспективные ресурсы С ₃ .
	Поиски и оценки месторождений (залежей).	Подготовленные ловушки, открытые месторождения (залежи).	<ol style="list-style-type: none"> 1. Выявление в разрезе нефтегазоносных и перспективных горизонтов коллекторов и покрышек и определение их геолого-геофизических свойств (параметров). 2. Выделение, опробование и испытание нефтегазоперспективных пластов и горизонтов, получение промышленных притоков нефти и газа и установление свойств флюидов и фильтрационно-ёмкостных характеристик. 3. Открытие месторождения и постановка запасов на Государственный баланс. 4. Выбор объекта для производства оценочных работ. 5. Установка основных характеристик месторождений (залежей). 6. Оценка запасов месторождений (залежей). 7. Выбор объектов разведки. 	Предварительно оцененные запасы С ₂ и частично разведанные запасы С ₁ .
Разведочный	Разведки и пробной эксплуатации	Промышленные месторождения (залежи).	<ol style="list-style-type: none"> 1. Уточнение геологического строения и запасов залежей. 2. Пробная эксплуатация для получения данных и параметров для составления технологической схемы разработки месторождений. 3. Перевод запасов категории С₂ в С₁. 	Разведанные запасы С ₁ и частично предварительно оцененные запасы С ₂ .

4.1. Главные правовые акты, определяющие условия недропользования

Главными правовыми актами, определяющими условия недропользования, являются Конституция России, Закон РФ «О недрах» (редакция 2000г.). Федеральные законы «О соглашениях о разделе продукции» (СРП) (редакция 1999г.), «О драгоценных металлах и драгоценных камнях» (редакция 2003г.), а так же законы субъектов Российской Федерации о недрах и ряд других федеральных законов прямо не связанных с недропользованием.

В соответствии с действующими правовыми актами в России недра находятся в государственной собственности. Владение, пользование и распоряжение недрами в пределах государственной границы находятся в совместном ведении Российской Федерации и её субъектов (так называемое «правило двух ключей»), а за пределами границы (в морской экономической зоне и континентальном шельфе) - в исключительном ведении Российской Федерации.

Недра предоставляются в пользование на условиях, определяемых законодательством. Участки недр и находящиеся в них минеральные ресурсы (МР) не могут быть предметом купли-продажи, дарения, наследования, залога или отчуждаться в какой-либо иной форме. Право собственности на недра отделено от права собственности на землю. Владелец земельного участка не имеет каких-либо прав на соответствующий участок недр.

Пользователь недр обязан произвести в установленном порядке отчуждение (отвод) земельного участка для производства работ, если эти работы связаны с нарушением земной поверхности, строительством зданий, сооружений и т.п.

Право собственности на минеральное сырье, добытое из недр, может осуществляться предприятиями и организациями любой формы собственности, предусмотренной законодательством. Добытые из недр полезные ископаемые могут находиться в федеральной собственности, собственности субъектов Федерации, муниципальной, частной и иных формах собственности.

Вопрос о собственности на добытое полезное ископаемое или её разделе между недропользователем и собственником недр (государством или субъектом Федерации) определяется условиями лицензионного соглашения. Право собственности на горное имущество и геологическую информацию принадлежит тому, кто оплатил его создание или приобретение. Если недропользователь получает право собственности лишь на часть добытой продукции, стоимостью которой государство компенсирует затраты, то имущество и активы, приобретенные в этот период, являются собственностью государства.

Геологическая информация, полученная пользователем за счет государственных средств, является собственностью государства, а за счет собственных средств - собственностью недропользователя. Однако геологическая информация, являющаяся собственностью недропользователя, должна пред-

ставляться им в установленной форме в федеральный и территориальный фонды геологической информации (ВГФ, ТГФ). Собственник может только оговорить условия пользования этой информацией в фондах с учетом собственных интересов.

Система пользования недрами в России включает подсистемы пользования недрами, предоставления недр в пользование и контроля за использованием недрами.

Предоставление недр в пользование производится для геологического изучения, включая поиски и оценку месторождений полезных ископаемых, разведки и добычи полезных ископаемых, включая использование отходов горного производства и других видов деятельности. Недра могут представляться в пользование одновременно для геологического изучения (поиски, разведка) и добычи полезных ископаемых (так называемая совмещенная лицензия). В этом случае добыча может производиться как в процессе изучения, так и после его завершения. Пользование недрами в РФ, за исключением работ по региональному геологическому изучению и созданию особо охраняемых объектов, является платным.

Участок недр для геологического изучения предоставляется на срок до 5 лет, а для добычи - на срок отработки месторождения полезных ископаемых, обеспечивающего рациональное использование и охрану недр. Сроки пользования участками недр исчисляются с момента государственной регистрации лицензий на пользование этими участками недр.

4.2. Положение о лицензировании ГРР

Предоставление недр в пользование осуществляется государством в лице уполномоченных органов (Правительства России и Министерства природных ресурсов (МПР), администрации субъекта РФ и территориального органа МПР). Государство является собственником недр, поэтому именно оно определяет программу освоения недр, участки недр, которые предполагается предоставить в пользование и осуществляет выбор конкретного недропользователя в соответствии с установленным порядком, с последующим юридическим оформлением его прав на пользование.

Государство определяет условия, на которых предполагается передача недр в пользование и публикует их в печати. Недропользователь добровольно решает, подходят ли ему эти условия и, при положительном решении, заявляет, что он готов приступить к использованию недр путем подачи заявки для участия в приобретении права недропользования. При этом он может в той или иной форме вести переговоры об уточнении или изменении условий предоставления недр в пользование. При достижении взаимного согласования условий недропользователю оформляется **лицензия** на право пользования не-

драми, неотъемлемой частью, которой является договор или соглашение об условиях пользования.

Объекты лицензирования (участки недр, предоставляемые в пользование) могут быть отнесены к объектам федерального значения. Порядок отнесения объектов к объектам федерального значения, в том числе к федеральному фонду резервных месторождений и условия пользования ими определяются федеральными законами.

Статус участков федерального значения могут получать участки недр, обеспечивающие государственные потребности в стратегических или иных дефицитных видах сырья, на основании совместных решений органов Федерации и соответствующего субъекта.

Лицензия на поиски и оценку месторождений полезных ископаемых удостоверяет право проведения таких работ только на тот вид сырья, который указан в лицензии.

Лицензия на добычу полезного ископаемого может выдаваться на все месторождение или его часть, обособляемую геологическими, горнотехническими или технологическими условиями. Допускается также одновременное предоставление одному недропользователю нескольких лицензий на право добычи по группе близко расположенных месторождений, если экономически рентабельной является только совместная их разработка.

Допускается предоставление лицензии на право добычи на участке недр, где уже действует лицензия на геологическое изучение недр. В этом случае владелец лицензии на геологическое изучение должен быть безотлагательно извещен предоставляющими лицензию органами о принимаемом решении и ему должна быть предоставлена возможность подать заявку на получение лицензии на добычу на общих основаниях.

Лицензия на разведку месторождения отдельно не предоставляется и право разведки предусматривается в лицензии на добычу.

Лицензия является юридическим документом, удостоверяющим право её владельца на пользование участком недр в определенных границах, с указанной в лицензии целью, в течение установленного срока и при соблюдении оговоренных условий. Лицензия представляет собой установленной формы бланк с Государственным гербом Российской Федерации.

Законодательством установлено два статуса участков недр, на которые выдается лицензия: **геологического отвода** и **горного отвода**. Статус геологического отвода получают участки, предоставляемые для геологического изучения, проводимого без существенного нарушения их целостности. В пределах одного геологического отвода могут быть выданы несколько лицензий на различные виды деятельности, включая, например, поиски и оценку различных полезных ископаемых или поиски и оценку, разведку и добычу полезных ископаемых. Эта лицензия может выдаваться как одному, так и нескольким недропользователям.

В пределах одного горного отвода может быть выдана только одна лицензия одному недропользователю, получающему по ней исключительное

право деятельности в этих пределах в соответствии с лицензией. Деятельность иных лиц, связанная с использованием недр в границах горного отвода, допускается только с разрешения владельца лицензии.

Лицензия на пользование недрами на условиях СРП выдается после подписания такого соглашения между владельцем недр (государством) и инвестором.

Предоставление недр в пользование может производиться на **соревновательной** и **бесконкурсной** основе.

На бесконкурсной основе право на пользование недрами может быть предоставлено:

- при установлении факта открытия месторождения пользователем недр, проводившим их геологическое изучение за счет собственных средств (для разведки и добычи полезного ископаемого);
- для геологического изучения недр;
- для геологического изучения и добычи подземных вод для питьевого водоснабжения населения или технического водоснабжения предприятий и других случаях, не относящихся к разведке месторождений твердых полезных ископаемых.

На **соревновательной основе** предоставление недр в пользование производится посредством проведения конкурсов или аукционов.

Аукционная форма предусматривает оповещение конкурентов о минимально необходимых технико-экономических показателях (ТЭП) ведения работ, сроках и порядке платежей и др. Победителем аукциона признается заявитель, предложивший максимальную плату за получение права на пользование недрами.

Конкурсная форма предусматривает оповещение об условиях конкурса, включая желаемые ТЭП, а также требования по охране окружающей среды, решению социальных вопросов и др. Победителем конкурса признается заявитель, предоставивший экономически приемлемые и наиболее соответствующие условиям технические решения.

В процессе подведения итогов конкурсов (аукционов) может применяться двухэтапная система с предварительным отбором претендентов в финальную группу, а затем выявлением среди финалистов претендента, предложившего максимальный бонус подписания. В случае равных бонусов допускается открытый аукцион. Сборы за участие в конкурсе (аукционе) не возвращаются.

4.3. Уполномоченные органы, осуществляющие контроль и надзор за пользование недрами и характер их деятельности

Контроль и надзор за оценкой и разведкой месторождений полезных ископаемых и другими видами пользования недрами осуществляют органы Го-

сударственного геологического контроля (Госгеолконтроль Минприроды РФ) и органы федерального горного и промышленного надзора (Госгортехнадзор РФ), а также другие контрольные органы в соответствии с их компетенцией (ГКЗ РФ, природоохранные органы, Госатомнадзор и др.).

Государственный геологический контроль включает контроль за геологическим изучением недр и их рациональным использованием и охраной. Задачей государственного геологического контроля является обеспечение соблюдения всеми пользователями недр установленного порядка пользования, законодательства, утвержденных в установленном порядке норм и правил в области геологического изучения, использования и охраны недр, правил ведения учета и отчетности.

Органы Госгеолконтроля входят в структуру МПР РФ и его территориальных подразделений и руководствуются в своей деятельности Положением, утвержденным постановлением Правительства РФ.

Федеральный горный и промышленный надзор выполняет в качестве основной контрольной функции надзор за безопасным ведением работ, включая вопросы проектирования, строительства, эксплуатации и ликвидации горных предприятий.

Совместно с органами Госгеолконтроля Госгортехнадзор рассматривает и решает вопросы списания запасов полезных ископаемых, утративших промышленное значение, потерянных при добыче или не подтвердившихся при дальнейшем геологическом изучении или отработке, а также согласовывает и контролирует нормативы потерь и разубоживания для всех технологических процессов добычи и переработки МС.

Обе контрольные службы в пределах своей компетенции имеют право беспрепятственно осуществлять необходимые проверки деятельности предприятий, связанных с недропользованием, независимо от форм собственности.

Государственная экспертиза запасов полезных ископаемых производится для обеспечения правильного учета их состояния и движения, правильности отнесения к экономическим группам и категориям изученности в соответствии с действующей классификацией, для определения возможности предоставления скидок и льгот по платежам за пользование недрами, составления Государственного баланса запасов и Государственного кадастра месторождений и др.

Государственный кадастр месторождений полезных ископаемых содержит сведения по каждому месторождению, характеризующие количество и качество запасов основных и совместно с ними залегающих полезных ископаемых и содержащихся в них компонентов, условия разработки месторождения и его геолого-экономическую оценку.

Государственные балансы запасов полезных ископаемых содержат сведения о количестве, качестве и степени изученности запасов полезных ископаемых по месторождениям, имеющим промышленное значение, их разме-

щении, степени промышленного освоения, добыче, потерях и обеспеченности промышленности разведанными запасами.

Государственная экспертиза результатов геологического изучения недр проводится Государственной комиссией по запасам Минприроды РФ (ГКЗ) или территориальными комиссиями по запасам (ТКЗ) при территориальных органах Минприроды РФ.

Поскольку работы по геологическому изучению недр являются работами повышенной опасности, пользователи недр, ведущие горные работы, должны обслуживаться профессиональными службами горноспасателей. Право ведения буровых работ на твердые полезные ископаемые, проходку горных выработок должно подтверждаться лицензией на эти виды деятельности, связанные с геологическим изучением недр.

ЛЕКЦИЯ 5

План лекции

- 1. Объекты геологических поисков и прогноза**
- 2. Поисковые критерии оруденения:**
 - стратиграфические;
 - литологические;
 - магматические;
 - структурные;
- 3. Поисковые признаки рудоносности:**
 - прямые;
 - косвенные.
- 4. Природные условия ведения поисковых работ**

5.1. Объекты геологических поисков и прогноза

Объектами поиска и прогноза в процессе геологоразведочных работ являются потенциально рудоносные площади и объемы недр в системе их иерархии (от металлогенической провинции до месторождения и рудной залежи). Масштабность и тип объектов определяются стадией геологоразведочного процесса и целевым заданием проекта. Общепринято, что региональные мелкомасштабные карты (1:1000000 и мельче) обеспечивают оконтуривание и прогнозирование металлогенических провинций (иногда зон), а региональные карты среднего масштаба 1:500000 – 1:200000 – выделение металлогенических зон, рудных поясов и потенциальных рудных районов площадью до 10 км. Иногда, например, в областях развития высокопродуктивных геологических формаций (осадочных, магматических, метаморфических) могут быть обнаружены или предсказаны рудоносные бассейны и крупномасштабные

поля. Увеличение степени детальности изучения таких рудоносных площадей и структур рационально при наличии характеристики типовых (эталонных) объектов или при выявлении в период геолгоразведочных работ перспективных рудопроявлений. В процессе составления региональных прогнозно-металлогенических карт на основе крупномасштабных съемок и специальных ревизионнопоисковых работ можно выделить перспективные площади и структуры в рангах рудных узлов и рудных полей.

Объектами крупномасштабных поисков и прогнозов в пределах рудных районов (на стадии 2) являются рудные узлы и потенциальные рудные поля (области мобилизации и концентрации рудного вещества), а детальных работ масштаба 1:10000-1:2000 (стадия 3) – продуктивные зоны месторождения и рудные залежи (участки массового отложения рудного вещества). При крупномасштабных работах особое внимание уделяется объектам, которые могут быть использованы или подготовлены к отработке ближайшие 10-15 лет. Не рекомендуется прогнозировать ресурсы в пределах горных отводов эксплуатируемых месторождений (Прогнозно-металлогенические..., 1985). Эта задача решается в процессе более детальных исследований. В тоже время материалы эксплуатационных работ используют при поисках и прогнозировании на прилегающих к рудному полю площадях. Глубина оценки выявленных (и прогнозируемых) объектов определяется экономической освоенностью региона.

5.2. Поисковые критерии оруденения

Основой эффективных поисков и прогнозирования полезных ископаемых является знание поисковых критериев и признаков промышленного оруденения изучаемых площадей и структур. Поисковыми критериями принято называть совокупность геологических факторов, определяющие условия образования и закономерности размещения месторождений полезных ископаемых в земной коре. Признаками рудоносности или поисковыми признаками считаются факторы, прямо или косвенно указывающие на присутствие полезного ископаемого в пределах изучаемого объема недр. Поисковые критерии отражают предшествующие процессы рудообразования, способствуют познанию их и создают условия для обнаружения промышленных скоплений полезных ископаемых и, таким образом, являются ведущими геологическими предпосылками прогноза и поиска месторождений. Поисковые признаки обусловлены образованием и последующим разрушением месторождений, это - следы процессов и явлений, сопутствующих образованию, изменениям и разрушению месторождений.

Поисковые критерии могут быть универсальными, выраженными повсеместно, региональными, свойственными крупным структурам земной коры, и локальным, проявляющимся в пределах определенных рудных

районов, рудных узлов, полей и месторождений. Поисковые признаки отражают многообразие форм проявления минерализации на изучаемых срезах рудоносных структур. Анализ и учет значимости тех и других в конкретных условиях определяет комплекс поисковых критериев и признаков промышленного оруденения.

При выявлении поисковых критериев анализируются рудоконтролирующие факторы: стратиграфические, литологические и литолого-фациальные, магматические, структурные и геоморфологические. Учитываются данные формационного анализа геологических образований региона и эрозионный срез рудоносных структур.

Стратиграфические критерии основаны на устойчивых связях оруденения с определенными уровнями и типами геологического разреза земной коры. Они играют особо важную роль при прогнозировании осадочных, вулканогенно-осадочных, метаморфогенных, стратиформных и колчеданных месторождений. Так, многие полезные ископаемые тесно связаны с отложениями определенного возраста и не встречаются или сравнительно редко обнаруживаются в геологических разрезах других металлогенических эпох.

Литологические и литолого-фациальные критерии базируются на выявлении и использовании тесных связей полезных ископаемых с осадочными, вулканогенно-осадочными породами определенного состава и типичными литофациями их. Наибольшую значимость эти критерии приобретают при поисках и прогнозировании осадочного, вулканогенно-осадочного и стратиформного телетермального оруденения.

Магматические критерии предполагают наличие генетических или парагенетических связей оруденения с магматическими телами - с плутонами, экструзивными, субвулканическими телами, поясами малых интрузий. В соответствии с этими представлениями рудное вещество выносится из глубин в более верхние зоны земной коры и на ее поверхность магматическими расплавами и сопровождающими их флюидами. Основными факторами магматического оруденения считаются: 1) связь тех или иных эндогенных месторождений с определенными типами изверженных пород; 2) закономерное размещение месторождений по отношению к магматическим телам. Особое значение при прогнозе промышленного оруденения имеет оценка глубины формирования и уровня эрозионного среза рудоносных магматитов и прилегающих к ним структур.

Структурные критерии базируются на закономерностях размещения оруденения в геологических структурах разного типа и масштаба. При изучении структурных условий рудолокализации необходимо различать: 1) структуры, определяющие типичные геологические позиции рудных полей в пределах металлогенических провинций, рудных поясов, рудных районов; 2) структуры, контролирующие размещение оруденения в пределах рудных полей - структуры рудных полей, месторождений и рудных тел. К первому типу относятся глобальные и региональные рудоконтролирующие и рудоконцентрирующие структуры - линеаменты и глубинные разломы, крупные складча-

тые и купольные структуры, вулканические и вулканогенно-тектонические сооружения, зоны смятия, разломы и надвиги.

Структурные факторы, определяющие закономерности рудолокализации в пределах рудных полей и месторождений, многообразны. Для магматических месторождений (плутоногенная серия рудных полей) ведущую роль играют структуры вмещающих интрузивов (структуры расслоения интрузивов, контракционные и тектонические трещины), определяющие закономерное размещение рудных шпиров, стратифицированных залежей (донные и многоярусные) и комбинацию согласных рудных тел с секущими формами. На рудных полях плутоногенно- и вулканогенно-тектонической серии закономерности определяются: 1) кольцевыми, коническими, радиальными разломами, трещинами и узлами их пересечений, жерловыми структурами и структурами расслоения магматических пород; 2) структурами эндо-экзоконтактовых и апикальных зон интрузивов; 3) элементами и комбинацией элементарных структур вулканических и вулканогенно-тектонических сооружений (рудные поля вулканических сооружений, аппаратов и трубок взрывов); 4) контракционными и тектоническими трещинами (штокверковые и жильно-штокверковые рудные поля зон повышенной трещиноватости).

На эндогенных рудных полях тектонической серии определяющее значение в рудолокализации играют трещины и разломы, зоны повышенной трещиноватости и рассланцевания, узлы их пересечения и сочленения, а также согласные структуры слоистых толщ (шарниры складок, флексуры, зоны межпластовых срывов и дробления, пласты "благоприятных" пород, геологические экраны) и комбинированные при сочетании согласных структур с секущими и благоприятными для метасоматоза горизонтами пород. Для экзогенных месторождений рудоносными являются структуры слоистой анизотропии (напластования, внутриформационного расслоения, выклинивания поверхности несогласий, рифовые, карстовые), а метаморфогенных - структуры: метаморфических комплексов (элементы гранитно-гнейсовых куполов, зоны повышенного рассланцевания, складки скалывания и течения, структуры будинажа).

Геоморфологические критерии основаны на наличии пространственной связи месторождений полезных ископаемых с современными и древними формами рельефа. В отношении рельефа все месторождения можно группировать в две выборки: 1) месторождения, сформированные в связи с образованием рельефа - экзогенные и 2) месторождения, возникшие вне связи с рельефом, - эндогенные. Геоморфологические критерии используются, прежде всего, для поисков и прогноза россыпей.

Формационные критерии предполагают наличие тесных связей полезных ископаемых с определенными геологическими формациями или их составными частями (ассоциациями пород). Типовыми примерами являются устойчивые взаимосвязи медноколчеданных и полиметаллических месторождений со спилит-базальтовой и риолит-базальтовой (спилит-кератофировой) формациями эвгеосинклиналией, редкометальных месторождений - с ороген-

ной формацией слюдяных гранитов батолитового типа, сульфидных медно-никелевых руд - с габбро-норитовой и трапповой формациями платформ, золоторудных месторождений - с гранитоидной формацией повышенной основности орогенных структур и т.д. Закономерное сочетание определенных типов месторождений с конкретными формациями определяется единством процессов магматизма и рудообразования. Некоторые геологические формации выполняют роль регионального геологического экрана. При крупномасштабном прогнозировании исследователь чаще всего имеет дело с составными частями формаций – конкретными ассоциациями пород, выполняющими ту или иную роль в рудогенезе. Выявление этой роли и значимости формационных предпосылок конкретизирует прогнозные рекомендации и делает их более объективными.

5.3. Поисковые признаки рудоносности

Поисковые признаки рудоносности - это геологические, минералогические, геохимические, геофизические, геоботанические, геоморфологические, историко-геологические и иные факты, прямо или косвенно указывающие на наличие или на возможность выявления полезного ископаемого в недрах исследуемого региона. Они разделяются на природные, связанные с формированием и разрушением месторождений, и техногенные, связанные с деятельностью людей, разрабатывавших и перерабатывавших полезные ископаемые.

Различают **прямые поисковые признаки**, непосредственно указывающие на наличие того или иного оруденения, и косвенные, свидетельствующие о возможности обнаружения такого оруденения. К прямым поисковым признакам относятся: 1) выходы полезного ископаемого на поверхность; 2) первичные ореолы рассеяния полезных минералов и рудообразующих элементов; 3) вторичные механические, литохимические, гидрохимические, атмосферические, биохимические ореолы и потоки рассеяния полезных минералов и рудообразующих элементов; 4) геофизические аномалии (радиометрические, частью магнитные и др.); 5) следы старых горных работ с остатками рудного материала или переработки полезного ископаемого.

К **косвенным поисковым признакам** относятся: 1) измененные окорудные породы-индикаторы оруденения; 2) минералы и элементы-спутники оруденения; 3) геофизические аномалии (гравиметрические, электроразведочные, частью магнитные и др.); 4) ботанические; 5) геоморфологические; 6) историко-географические данные о горных промыслах. Относительная ценность (вес) поисковых признаков зависит от конкретной геологической ситуации. В общем случае прямые поисковые признаки оцениваются выше, чем косвенные, так как они быстрее приводят к конечной цели - открытию месторождения.

5.4. Природные условия ведения поисковых работ

Под природными условиями ведения поисковых работ подразумевается совокупность геологических, геоморфологических, биоклиматических и других природных факторов, определяющих условия нахождения, формы проявления и возможности обнаружения месторождений полезных ископаемых (В.И.Красников, 1965).

На выбор эффективных поисковых методов в тех или иных районах решающее влияние оказывают структурно-геологические условия и степень расчленения рельефа, ландшафтно-климатические условия, мощность насосов и обнаженность территорий.

5.4.1. Структурно-геологические условия поисков

В.И.Красниковым выделены три типа региональных геологических структур с принципиально различными условиями ведения поисковых работ:

- открытые районы складчатых областей (однорусные районы с подтипами: *1 а* – щиты и байкалиды, *1 б* – поднятые области палеозойской, мезозойской и кайнозойской складчатости);

- открытые районы платформ (двухъярусные районы подтипами: *2 а* – платформы без существенного проявления магматизма, *2 б*- открытые районы платформ, осложненные процессами тектоно-магматической активизации);

- закрытые районы с региональным покровом четвертичных отложений значительной мощности (*3 а* – закрытые районы платформ, *3 б* – закрытые районы складчатых областей) (табл.5.1.).

Первый тип региональных структур – поднятые и в разной мере эродированные щиты, геосинклинально-складчатые пояса и активизированные области различного возраста, для которых характерны субвертикальная ориентировка рудоносных структур и наиболее благоприятные условия для вывода рудных месторождений на дневную поверхность. Рациональные методы поисков этих обстановках могут базироваться на естественном эрозионном вскрытии продуктивных геологических формаций и содержащихся в них разнообразных месторождений полезных ископаемых

Первый тип региональных структур – поднятые и в разной мере эродированные щиты, геосинклинально-складчатые пояса и активизированные области различного возраста, для которых характерны субвертикальная ориентировка рудоносных структур и наиболее благоприятные условия для вывода рудных месторождений на дневную поверхность. Рациональные методы поисков этих обстановках могут базироваться на естественном эрозионном

вскрытии продуктивных геологических формаций и содержащихся в них разнообразных месторождений полезных ископаемых.

Таблица 5.1.

Основные регионально-геологические структуры
(по В.И. Красникову)

Тип	Подтип	Распространенность на территории СНГ, %	Примеры
1. Поднятые и в разной мере эродированные древние щиты и складчатые области	1а) глубокоэродированные щиты и поднятые байкалиды	8	Байкальский, Алданский щиты, Байкальская складчатая зона Урал, Казахстан, Тянь-Шань, Сихотэ-Алинь
	1б) области поднятой палеозойской, мезозойской и кайнозойской складчатости	30	
2. Открытые районы платформ с двухъярусным строением	2а) без позднейшего магматизма	6	Русская платформа
	2б) с широким проявлением позднейшего магматизма	11	
3. Закрытые районы с региональным развитием мощного рыхлого кайнозойского покрова	3а) закрытые и пониженные участки платформ и плит	30	Западно-Сибирская депрессия Район Кызылкумов и Каракумов
	3б) закрытые районы щитов и складчатых сооружений	5	

Ко второму типу структур относятся открытые районы платформ двухъярусного строения. В фундаменте платформ возможно обнаружение месторождений, свойственных первому типу структур. В чехлах платформ преобладают рудовмещающие структуры и рудные залежи субгоризонтального залегания, нередко экранированные траппами. В связи с этим рациональные поиски в открытых районах платформ должны быть комбинированными. Они основываются, с одной стороны, на естественном эрозионном вскрытии продуктивных формаций и месторождений верхних стратиграфических горизонтов, а с другой – на вскрытии более глубоких рудоносных уровней системой скважин в сочетании с глубинными геофизическими исследованиями.

Более детальное районирование территорий по структурно-геологическим условиям поисков осуществляется на основе геологических и специализированных карт (тектонических, структурно-формационных, прогнозно-металлогенических и др.).

5.4.2. Степень расчленения рельефа

Геоморфологические условия являются важнейшим природным фактором, влияющим на выбор эффективных методов поисковых работ. В основе генетической классификации рельефа заложено его разделение на эрозионно-тектонический и аккумулятивный (В.И.Красников, 1965). Первый формируется при общем поднятии участков земной коры и их денудации, второй – за счет аккумуляции осадков на общем фоне понижения земной поверхности в результате ее денудации и опускания. Эрозионно-тектонический рельеф представлен горным и структурным типами. Среди горного рельефа различаются высокогорный, нагорья, среднегорный и низкогорный подтипы.

Высокогорный рельеф характеризуется значительными высотами (до 4000-7000 м) и резким расчленением (превышения хребтов над долинами до 2000-3000 м), что предопределяет интенсивное физическое выветривание и хорошую обнаженность коренных пород. Физическое выветривание опережает процессы химического разложения руд, поэтому зона окисления на месторождениях практически отсутствует, но хорошо развиты ореолы и потоки механического рассеяния рудного вещества. Наличие глубоко промываемых структур в условиях хорошо развитой гидросети способствует образованию гидрогеохимических ореолов рассеяния. Эффективными методами поисков в условиях высокогорья является геологическая съемка с использованием аэрокосмофотоснимков, обломочно-речной, валуно-ледниковый, шлиховой, гидрохимический и поиски по донным осадкам. В связи с трудностями работ (плохая проходимость, отсутствие транспортных путей) главным методом поисков в таких районах считается геологическая съемка.

Нагорья – высоко поднятые и относительно слабо расчлененные горные массивы, размещающиеся во внутренних частях горных сооружений. Абсолютные отметки от 700-1000 до 4000 м с глубиной расчленения от 200-300 до 500-700 м. Рельеф обычно волнистый, сглаженный или пологий с округлыми гольцами и плоскими водоразделами, покрытыми каменными россыпями или заболоченными, и широкими долинами, выполненными аллювием. Большие площади нагорий покрыты лесами, болотами и каменными россыпями, что значительно затрудняет поиски. В таких условиях наиболее эффективны геохимические методы поисков в сочетании с аэрогеологическими и аэрогеофизическими исследованиями.

Среднегорный рельеф характеризуется абсолютными отметками до 3000-3500 м с глубиной расчленения от 500-1000 м и более. Степень обнаженности районов различна, но всегда хуже, чем в условиях высокогорья. Северные склоны порыты растительностью больше южных. Процессы химического разложения руд происходят интенсивно, поэтому зона окисления иногда достигает значительной глубины. Широко проявлены механические, литохимические и гидрохимические ореолы и потоки рассеяния. В этих условиях практически применимы все методы поисков. При этом должна учиты-

ваться широтная климатическая зональность. Геологическая съемка (и поиски) должны сопровождаться выполнением значительных объемов горных работ.

Низкогорный рельеф (мелкосопочник) характеризуется абсолютными отметками от 100-200 до 1000 м с относительными превышениями 100-300 м. Склоны, вершины и водоразделы пологие, покрыты элювиально-делювиальными отложениями, почвенным слоем и нередко растительностью. Значительную роль в выборе методов поисков играют климатические обстановки. В условиях низкогорья поиски методом геологической съемки менее эффективны по сравнению с высоко- и среднегорными районами. Особенно не благоприятны для поисков широкие долины и межгорные впадины. В связи с плохой обнаженностью здесь требуются большие объемы горных и буровых работ. Эффективность поисков в таких районах повышается за счет широкого применения обломочно-речного, шлихового и особенно геохимических (все виды) и геофизических методов. Большую помощь могут оказать аэрокосмометоды.

Скульптурный рельеф выражен на плоскогорьях и плато, вскрытых речными долинами. Расчлененность относительно слабая, глубина расчленения рельефа не превышает 200-350 м. Коренные породы имеют обычно субгоризонтальное залегание и вскрываются только по ступенчатым долинам рек. Обширные водораздельные пространства перекрыты трапами или мощными рыхлыми отложениями. Все это затрудняет проведение поисковых работ. Главное внимание в таких районах уделяется долинам рек и их склонам, где наиболее эффективны геологическая съемка в сочетании с обломочно-речным и шлиховым методами поисков. Водораздельные пространства изучаются, в основном, путем дешифрирования аэрофотоматериалов, высотных и космических снимков, а также аэрогеофизическими методами.

Аккумулятивный рельеф характерен для пониженных частей земной поверхности (равнинные низменности, предгорные равнины и межгорные котловины). Наиболее типичные обширные аллювиальные равнины с абсолютными отметками до 200 м. Коренные породы в них перекрыты мощным чехлом аллювия, озерных и других отложений. Различается ледниковый, эоловый и морской аккумулятивный рельеф. Области развития аккумулятивных форм рельефа лишены естественных обнажений и крайне не благоприятны для поисков эндогенных месторождений. Геологическая съемка и поиски в этих условиях проводятся в сочетании с геофизическими методами и сопровождаются большими объемами горно-буровых работ. В условиях ледникового рельефа возможно использование валунно-ледникового и геохимических методов.

5.4.3. Ландшафтно-климатические условия поисков

В основу ландшафтного районирования территорий по условиям проведения поисковых работ принимается комплекс признаков, характеризую-

щий особенности географического ландшафта. Основными комплексами ландшафта является рельеф, почвенно-растительный слой, покров рыхлых отложений, коры выветривания, коренные породы, почвенно-грунтовые и поверхностные воды. Все составляющие ландшафта тесно взаимосвязаны и зависят от геологического строения, проявлений неотектоники и климата района.

Наименьший участок, в пределах которого сочетаются предельно-однородные части ландшафта, определяется как элементарный ландшафт. Это элемент рельефа, сложенный одной породой, одним типом рыхлых отложений и развитием определенного типа почвенно-растительного покрова. С учетом геоморфологических признаков и расположения относительно уровня грунтовых вод выделяются четыре главных типа элементарных ландшафтов: водораздельный, склоновый, подножий склонов и местных водоемов (А.Б. Каждан, 1984). Элементарные ландшафты водоразделов являются «автономными». Они покрыты рыхлыми элювиальными и элювиально-делювиальными отложениями, образованными за счет разрушения «местных» коренных пород. Здесь образуются несмещенные или почти несмещенные остаточные ореолы рассеяния рудных элементов и их спутников. Элементарные ландшафты склонов характеризуются рыхлыми отложениями делювиального типа. Для них свойственны в различной мере смещенные ореолы и потоки рассеяния основных и сопутствующих металлов руд. Элементарные ландшафты подножий склонов располагаются в их нижних выположенных частях или в пределах надпойменных террас речных долин.

В этих условиях обычно образуются вторичные скопления металлов в виде наложенных солевых ореолов, иногда в сочетании со смещенными остатками ореолов. К элементарным ландшафтам местных водоемов относятся участки болот, русел рек, водоемы прудов и озер, в которых развиваются водные и солевые ореолы рудных компонентов, обладающих высокой миграционной способностью в водной среде. Естественная совокупность элементарных ландшафтов образует геохимический ландшафт. По своей сути это парагенетическая ассоциация сопряженных элементарных ландшафтов, связанных между собой общностью зоны миграции элементов. Надо иметь в виду, что геолог нередко имеет дело с реликтами палеоландшафтов, древними корами выветривания и зонами окисления, которые могут не соответствовать современной климатической и географической зональности.

Элементарные ландшафты и их совокупности (геохимические ландшафты) проявляются в различных биоклиматических обстановках, что определяет значительную специфику ореолов рассеяния и особенности методики поисков месторождений полезных ископаемых. Выделяется, прежде всего два типа биоклиматических областей – аридная и гумидная, в которых создаются принципиально различные условия гипергенной миграции рудных компонентов.

Аридные области с сухим климатом и преобладанием испарения над количеством выпадающих осадков характеризуются отсутствием лесного по-

крова, нередко слабым развитием травянистой растительности и непромывным режимом гидрокарбонатно-кальциевых слабо щелочных почвенно-грунтовых вод. В такой обстановке происходит быстрое разложение и миграция органических веществ. В тоже время рудные элементы обладают в такой среде слабой химической подвижностью, что приводит к образованию открытых несмещенных или слабосмещенных ореолов.

Гумидные области отличаются влажным климатом с преобладанием количества выпадающих осадков над испарением. Для них характерны богатая растительность, активное накопление органического вещества в понижениях рельефа, промывной режим и кислая реакция почвенно-грунтовых вод. В тропических и субтропических гумидных областях с жарким климатом промывной режим вод приводит к образованию мощных кор выветривания и к полному выщелачиванию большинства элементов, мигрирующих в водной обстановке. В умеренно теплых гумидных областях сохраняется высокая миграционная способность этих элементов, что приводит к формированию протяженных ореолов, иногда оторванных от месторождений. В холодных гумидных областях преобладают процессы физического выветривания пород и руд с образованием механических ореолов и потоков рассеяния.

В аридных областях располагаются пустынные, полупустынные, степные ландшафты и ландшафтно-географические зоны. Все они благоприятны для образования ореолов рудных компонентов в приповерхностном слое рыхлых отложений, которые могут эффективно выявляться геохимическими методами. Гумидные области с жарким и влажным климатом включают тропическую и субтропическую ландшафтные зоны. В умеренных широтах в составе их выделяются лесостепная, лесная, горно-таежная, тундровая и полярная зоны с разнообразным сочетанием геохимических и механических потоков и ореолов рассеяния.

Лесные ландшафты подразделяются на зоны тропических, северных хвойных и южных лесов на силикатных и карбонатных породах. Они имеют наивысшую интенсивность биокруговорота элементов благодаря кислой реакции вод и круглогодичной миграции вещества. Здесь крайне резко выражаются вторичные изменения сульфидных месторождений. Окисление идет быстро и достигает сотен метров в глубину; металлы выщелачиваются нацело и остаются пустые железные шляпы. Сохраняются золото, касситерит, танталит и колумбит. В условиях молодого ландшафта месторождения проявляются через контрастные вторичные ореолы рассеяния. В условиях старого ландшафта сохраняются механические ореолы устойчивых минералов. Биохимические ореолы здесь теряют контрастность, солевые ореолы контрастны, но развиваются лишь в нижних горизонтах коры выветривания, гидрохимические и атмохимические проявляются в глубинных водах. В условиях северных хвойных лесов, развивающихся на карбонатных породах (щелочная реакция вод), особое значения для поисков приобретают литохимические ореолы. Рекомендуется отбор проб непосредственно с поверхности земли, поскольку металлы образуют почвенные коллоиды и теряют свою подвижность.

Если хвойные леса располагаются на моренах, то литохимические ореолы погребены и поиски месторождений возможны лишь опробованием граничащих горизонтов коренных пород и ледниковых отложений. В условиях лесов, приуроченных к многолетней мерзлоте, физическое выветривание резко преобладает над химическим. Развиваются потоки рассеяния золота, касситерита, колумбита и элементов *Cu, Ni, Co, Cr, Ti*. Миграция элементов в водах ослаблена, но иногда возникают солевые ореолы *Ni, Co, Cu*, а в хвое и коре лиственниц обнаруживаются повышенные содержания *Cu, Ni, Co, Cr*.

Тундровые ландшафты формируются в условиях низких температур при большой влажности и низкой испаряемости вод. Преобладает физическое выветривание с образованием крупноглыбовых развалов и щебнистых осыпей. Почвенные и грунтовые воды слабо минерализованы. Местами развиваются тундровые торфяники, на территориях которых следует применять лишь глубинные геохимические поиски. На Кольском полуострове и Финской Лапландии сульфидные месторождения на выходах сопровождаются биохимическими ореолами *Cu, Ni, Li, Rb, Cs* и гидрохимическими ореолами *Mo, Cu, Zn, Li, Cs, Rb*. В таких условиях можно применять поиски месторождений золота, олова, вольфрама, киновари, ильменита по их механическим ореолам рассеяния, а сульфидные – лито- и гидрохимическими методами.

Степные ландшафты подразделяются на зоны черноземных и каштановых степей. Для черноземных степей свойственно повышенное количество осадков при их высокой испаряемости, а каштановые формируются в условиях более сухого климата при обогащении почв углекислым кальцием. Образование ореолов вторичного рассеяния и особенно литохимических обеспечивает поиски в литохимическом, гидрохимическом, биохимическом и атмосферическом вариантах.

Пустынные ландшафты образуются в условиях недостатка влаги и высоких температур. Здесь влияние биоклиматических факторов незначительно, а на первое место выступает геологический субстрат. Поэтому появляются глинистые, песчаные, гипсовые, соляно-карстовые и каменные пустыни, в подчиненных ландшафтах развиваются такыры, солевые озера и солончаки. Водная миграция элементов, кроме *Na, Cl* и *Ca*, ослаблена, поэтому ореолы вторичного рассеяния любых месторождений почти не возникают и применение литохимических поисков не эффективно.

5.4.4. Мощность насосов и обнаженность территорий

Четвертичный покров играет в поисковом отношении двоякую роль. С одной стороны, он содержит вторичные промышленные скопления (россыпи) многих металлов и драгоценных камней (золота, платины, вольфрама, олова, тантала, ниобия, алмазов и др.) или выполняет роль среды, в которой развиваются вторичные ореолы и потоки рассеяния рудных месторождений. В

этой связи рыхлые отложения являются зоной поисков, а размещающиеся в них вторичные ореолы и потоки рассеяния способствуют выявлению перекрытых и скрыто – перекрытых рудных месторождений. С другой стороны, рыхлые отложения сильно затрудняют поиски рудных концентраций в коренном залегании. С возрастанием мощности насосов и увеличением в их составе аллохтонного материала происходит постепенное захоронение ореолов рассеяния и других наблюдаемых с поверхности признаков оруденения, вплоть до полного их исчезновения при критической мощности рыхлых отложений.

В зависимости от перекрытости территории наносами при прогнозировании и поисках различаются:

- площади первой категории, обнаженные или покрытые маломощными (1-2м) элювиально-делювиальными отложениями с проявлением открытых ореолов нормальной интенсивности и отчетливо выраженными другими поисковыми признаками;

- площади второй категории, перекрытые рыхлыми отложениями (суглинками) средней мощности с развитием резко ослабленных у дневной поверхности ореолов рассеяния и редкими проявлениями других поисковых признаков;

- площади третьей категории, перекрытые покровными суглинками и другими аллохтонными отложениями значительной мощности (до 20-30м) и характеризующиеся проявлением неглубоко погребенных ореолов рассеяния и отсутствием других геологических признаков;

- площади четвертой категории, перекрытые мощным чехлом аллохтонных отложений (десятки-сотни метров) с глубоко погребенными ореолами рассеяния и отсутствием других поисковых признаков. Категория площадей учитывается в проектах на проведение прогнозных и поисковых работ.

Большинство традиционных поисковых методов дают хороший эффект только на площадях первой категории, в пределах которых открыта главная масса месторождений.

ЛЕКЦИЯ 6

План лекции

1. Классификация методов поисков месторождений полезных ископаемых
2. Наземные методы поисков
3. Дистанционные методы поисков
4. Подводные поиски

6.1. Классификация методов поисков месторождений полезных ископаемых

По характеру пространства, с которого ведутся поиски месторождений полезных ископаемых, различают наземные, дистанционные и подводные методы.

Наземные методы поисков месторождений полезных ископаемых разделяются на следующие основные группы: 1) геологические; 2) геохимические; 3) геофизические; 4) технические (горно-буровые) методы. Среди геологических методов различаются визуальные поиски, метод геологической съемки и геолого-минералогические методы (обломочно-речной, валунно-ледниковый, шлиховой). Геохимические методы разделяются на литохимический, гидрохимический, биохимический и атмосферический, а геофизические – на магнитометрический, гравиметрический, сейсморазведочный и электро-разведочные и др.

6.2. Наземные методы поисков

6.2.1. Геологические методы поисков

Геологические методы поисков основаны на искаживании местности и выявлении непосредственных признаков оруденения при геологическом картировании площадей и изучении условий образования и закономерностей размещения месторождений полезных ископаемых, на результатах геолого-минералогического изучения собранного каменного материала. Они разделяются на визуальные маршрутные поиски, метод геологической съемки и геолого-минералогические методы поисков на основе изучения ореолов и потоков механического рассеяния рудного вещества (обломочно-речной, валунно-ледниковый, шлиховой методы).

Визуальные поиски включают в себя: 1) метод прямого обнаружения рудных выходов путем площадного искаживания местности и тщательного осмотра пород в естественных обнажениях и высыпках; 2) метод ковшевого (лоткового) опробования рыхлых отложений и протолок с визуальной проверкой наличия рудных (и сопутствующих) минералов (простейшая разновидность и прототип шлихового метода); 3) метод выявления и прослеживания косвенных визуальных признаков оруденения по породам, водам и растительности.

Известные с глубокой древности визуальные методы поисков сохранили свое значение до настоящего времени. Визуальные методы являются составной частью любого комплекса геологосъемочных и поисковых работ. Особо велика их роль при мелко-среднемасштабных исследованиях в слабо изученных районах, где шансы на открытие новых месторождений по визуальным

наблюдениям наиболее высоки. При крупномасштабных исследованиях рудных районов визуальные методы поисков включаются в состав геолого-съемочных работ масштаба 1:50000 (1:25000).

Геологическая эффективность визуальных поисков зависит, прежде всего, от опыта и знаний геолога, а также геологической обстановки (степени обнаженности района, характера рельефа и речной сети, интенсивности эрозионных процессов, геологического типа месторождений, морфологии и условий залегания рудных тел и других факторов). Успеху поисков способствует хорошая обнаженность района, активная эрозионная деятельность современной гидросети и наличие месторождений, представленных стойкими к химическому разложению рудами и минералами. К числу таких месторождений относятся природные концентрации железа, хрома, титана, золота, платины, алмазов, олова, тантала и другие.

Месторождения, представленные легко разрушающимися минералами и рудами, обнаруживается визуальными методами, в основном, в свежээродированных участках речных долин и на крутых горных склонах. На площадях сильно задернованных, залесенных, заболоченных и перекрытых мощными наносами, а также в пенепленизированных районах с одряхлевшей речной сетью визуальные методы поисков малоэффективны.

Геологическая съемка, результаты которой представляются в виде кондиционной геологической карты соответствующего масштаба, дает возможность выявить условия образования, закономерности размещения месторождений полезных ископаемых и их поисковые признаки. На этой основе и результатах поисков производится оценка промышленной продуктивности изучаемых площадей.

Метод геологической съемки предусматривает систематическое маршрутное изучение района по принятой геолого-съемочной сети, геолого-структурный анализ, литолого-фациальные, палеогеографические и минералого-петрографические исследования, а также составление специальных металлогенических карт, выполняемых с целью прогнозирования и научного обоснования поисков месторождений полезных ископаемых. При поисках эндогенных месторождений главную роль играет структурно-металлогенический анализ, при поисках осадочных месторождений – литолого-фациальный и палеогеографический методы исследований.

Геологическое картирование является предметом специального курса, поэтому методика и техника его выполнения здесь не рассматриваются. Остановимся кратко только на основных требованиях, которые предъявляются к геологическим картам с точки зрения поисков. Они сводятся к следующим положениям:

- маршрутные исследования должны быть системными и содержать исчерпывающую информацию о признаках проявления полезных ископаемых;
- геологическая карта должна быть кондиционной (содержание ее должно отвечать масштабу работ, точки наблюдений распределены равно-

мерно со сгущениями при прослеживании важнейших геологических элементов и в местах обнаружения полезных ископаемых или их признаков);

- карта должна содержать все геологические элементы, имеющие в районе значение поисковых критериев и признаков оруденения (рудовмещающие пачки, горизонты и структурные элементы их, рудоносные разломы, магматиты и их контакты, гидротермально измененные породы, первичные и вторичные ореолы рассеяния, выходы полезного ископаемого и т.п.).

Совокупность таких требований и сведений позволяет выявить условия формирования и закономерности размещения месторождений полезных ископаемых, определить потенциальные перспективы района и наметить рациональный комплекс дальнейших поисковых работ.

Геолого-минералогические поиски используются при изучении ореолов и потоков механического рассеяния рудного вещества и включают в себя обломочно-речной, валунно-ледниковый и шлиховой методы.

Обломочно-речной метод основан на изучении аллювиальных, делювиальных и элювиальных ореолов механического рассеяния. Сущность его состоит в обнаружении обломков руды или сопутствующих индикаторных пород и минералов в систематическом прослеживании их вплоть до коренных выходов месторождения. Геолог, встретивший рудные обломки в аллювиальных отложениях, продвигается вверх по реке и тщательно осматривает русловые, долинные и террасовые отложения. Места рудных обломков отмечаются на карте и в дневнике. Указываются размер, окатанность обломков, их минеральный состав и частота встречаемости.

Исследуются основные водотоки и их притоки, пока не появятся признаки близости коренного месторождения. Такими признаками являются увеличение размера и отсутствие окатанности обломков, исчезновение рудных обломков выше по течению реки. Далее тщательно изучаются делювиальные и элювиальные отложения склонов. Маршруты располагаются по горизонталям рельефа вкрест вытянутости ореола рассеяния. Для выявления контура ореола проходятся горные выработки (расчистки, закопушки, шурфы, каналы). При пологих склонах долин, переходящих в слабо обнаженное водораздельное пространство, для обнаружения коренного месторождения используют шлиховой и геохимический методы. Обломочно-речной метод обычно используется в комплексе с геологической съемкой.

Валунно-ледниковый метод используется для поисков месторождений в районах развития ледниковых отложений. Основаниями для постановки поисков служит обнаружение обломков руд и индикаторных пород при геологической съемке или других исследованиях. Поиски проводятся в несколько этапов. Сначала изучают ледниковые отложения в местах находок рудных валунов. Изучаются геоморфологическая обстановка, состав валунного материала, следы движения ледника по коренным породам (бараньи лбы, ледниковые шрамы) и выявляется направление сноса обломочного материала. Затем намечают маршрутные линии, которые располагают поперек направления

движения ледника. По этим линиям изучают валунный материал с поверхности, шурфами вскрываются и анализируются моренные отложения.

Все места обнаружения обломков руд и пород-спутников наносят на топографическую карту и определяют контуры ореола рассеяния. Полученные материалы сопоставляют с геологической картой и определяют возможное место источника образования рудного веера разноса. Последующие работы выполняются на ограниченной площади, выявленной валунными поисками, и целенаправленны на обнаружение рудных тел. Эта задача решается с помощью канав и шурфов (при малой мощности рыхлых отложений) или комплекса геофизических работ с проверкой выявленных аномалий буровыми скважинами или горными работами (при значительной мощности пород ледникового покрова).

Шлиховой метод применение метода основано на изучении механических шлиховых ореолов рассеяния. Сущность его заключается в систематическом шлиховом опробовании рыхлых отложений, изучении состава шлихов, прослеживается и оконтуривании ореолов рассеяния и выявлении по ним коренных и россыпных месторождений полезных ископаемых. Достоинствами шлихового метода поисков являются:

- возможность установления в рыхлых отложениях ценных минералов, их особенностей и минеральных парагенезисов коренного источника, что позволяет судить о генетическом типе месторождения;

- возможность выявления в ореолах рассеяния ценных минералов по минералам-спутникам (алмазов по наличию пирропа, хромшпинелидов, пикрольменита);

- возможность суждения о близости коренного источника по степени окатанности обломков, сохранности различных минералов и морфологии ореолов рассеяния;

- высокая чувствительность шлихового анализа.

Шлиховая съемка включает в себя следующие операции: выбор места взятия проб, отбор проб, обогащение проб (получение шлиха), изучение шлихов, документацию опробования, обобщение и анализ результатов опробования.

Место взятия проб определяется геоморфологическими, геологическими факторами и масштабом поисков. Шлиховые пробы обычно отбираются из русловых и долинных отложений в нижних частях крупных намывных берегов, участках замедления или завихрения течения (места расширения русла реки, за выступами крутых берегов, ниже крутых поворотов, порогов и перекатов реки). Шлиховые минералы концентрируются также в верхних по течению и выпуклых частях кос. Благоприятны для отбора проб отрезки русла реки, где чередуются выходы коренных пород с маломощными участками аллювия, обогащенными шлиховыми минералами. Существенное значение имеет поверхность коренных пород (плотика), на которых залегают аллювиальные отложения. Ребристая поверхность сланцеватых пород и кавернозность известняков благоприятны для накопления шлиховых минералов.

Важное значение имеет гранулометрический состав рыхлых отложений. Шлиховые минералы содержатся преимущественно в галечниках, гравии и несортированных крупнозернистых песках с галькой. Глины или отсортированные пески обеднены шлиховыми минералами и поэтому обычно не опробуются.

Густота сети шлихового опробования зависит от геологической обстановки, детальности поисков и степени развития гидросети. Число шлиховых проб на 100 км² площади для съемок масштаба 1:200000 составляет 6-24; 1:100000 – 25-100; 1:50000 – 100-500. при детальных шлиховых съемках на 1 км² приходится от 150-250 (масштаб 1:10000) до 250-500 (масштаб 1:5000) и более 500 (масштаб 1:2000).

Детальные шлиховые съемки проводятся на небольших перспективных участках. Опробования подвергаются аллювиальные отложения водотоков, а также делювий и элювий. Места взятия проб из долинных речных отложений выбираются по тем же признакам, что и при работах мелкого масштаба. Пробы из делювия отбираются по поисковым линиям, ориентированным поперек ожидаемого ореола, а из элювия пробы берутся по квадратной сети.

Пробы рыхлых отложений отбираются при помощи лопаты. Для сравнимости результатов объем проб должен быть одинаков (около 0,02 м³), что соответствует массе 30-32 кг. При опробовании террасовых отложений пробы отбирают секционно по мощности от каждой литологической разности пород.

Обогащение проб (получение шлиха) при наличии воды производится на месте их отбора. Для этого пробы промывают в воде с помощью специального лотка путем растирания материала и его отмучивания. Легкие глинистые частицы при этом всплывают уходят с водой, крупные гальки, не содержащие рудных минералов, выбрасываются. Оставшийся материал обогащается путем осторожного покачивания лотка в воде и встряхивания материала для удаления легких частиц. Проба весом 200-300г осторожно доводится в ковше до состояния шлиха весом в десятки граммов. Промывка пробы на месте до состояния черного шлиха не рекомендуется (теряются ценные минералы). Шлих прослушивают в жестяном совке на слабом огне, пересыпают в бумажный пакет- капсулу и документируют.

Анализ шлихов осуществляется в специальной лаборатории, но первичный просмотр их с помощью лупы производится в поле, а результаты просмотра учитываются при поисках.

Все операции шлихового опробования документируются – заносятся в журнал опробования. В журнале отражаются: дата и номер пробы; место взятия пробы и геоморфологическая характеристика его (терраса и ее высота, нижняя часть косы и т.д.); характер отложений; объем пробы; результаты визуального просмотра пробы и лабораторного шлихового анализа.

Обобщение материалов шлиховой съемки представляются в виде шлиховых карт – точечных, кружковых или ленточных. На точечной карте точками отмечаются места взятия проб, а индексами указываются обнаруженные рудные минералы (рис. 6.1).

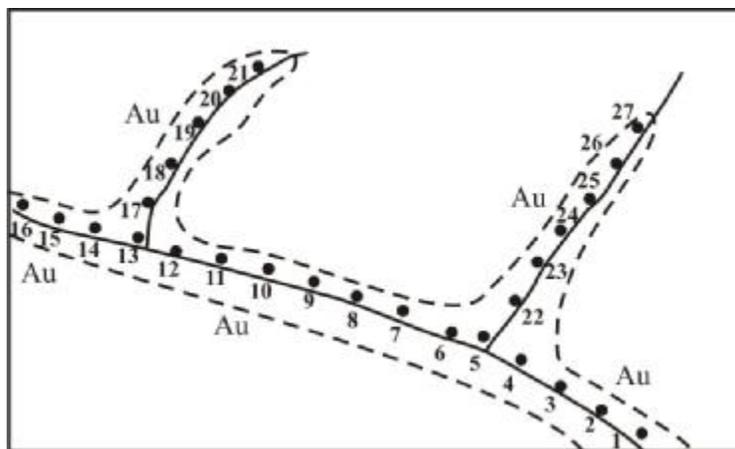


Рис. 6.1. Точечная шлиховая карта (по А.Ф. Коробейникову)

Такие карты обладают малой информативностью. На кружковых картах у места взятия пробы показывается кружок, размеры которого пропорциональны объему пробы (рис. 6.2).

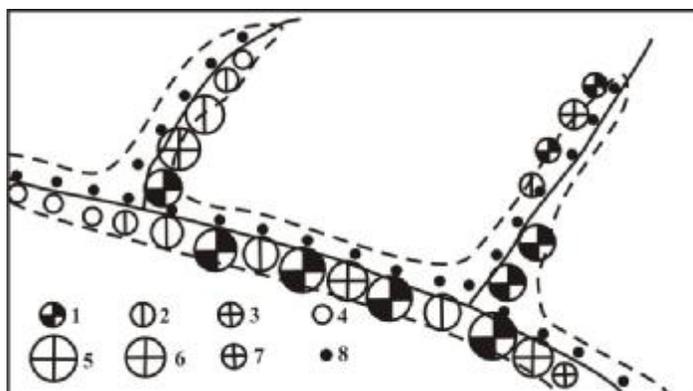


Рис. 6.2. Кружковая шлиховая карта (по А.Ф. Коробейникову):
 1 – золото; 2 – шеелит; 3 – гранат; 4 – золото, шеелит и гранат отсутствуют; 5 – много минерала; 6 – среднее количество минерала; 7 – малое количество минерала; 8 – место отбора проб

Кружки разделяют на сектора, количество и размер которых отражает количество и содержание минералов шлиха. Каждый сектор штрихуется или раскрашивается условным цветом. Такие карты более наглядны, но неудобны для мелкомасштабных карт (кружки перегружают карту).

Ленточные карты наиболее компактны и выразительны (рис. 6.3).

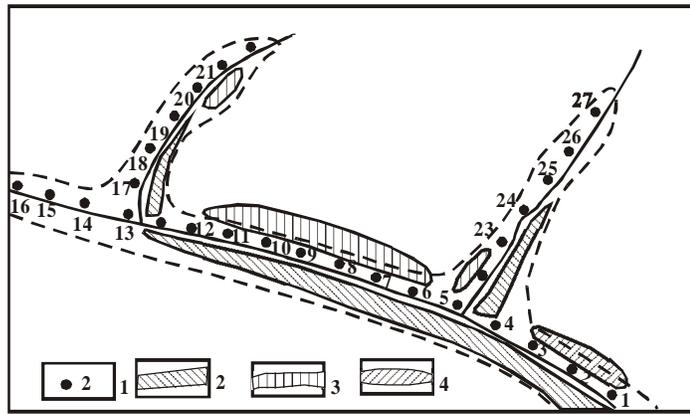


Рис. 6.3. Ленточная шлиховая карта (по А.Ф. Коробейникову):
1 – номер и место отбора проб; 2 – золото; 3 – шеелит; 4 – гранат

На них в местах отбора проб пропорционально количеству обнаруженного полезного минерала проводят линии поперек течения реки. Затем боковые части линий соединяют, получая ленты, ширина которых отражает изменение содержания полезного компонента по течению реки или по направлению опробования на склонах. Нередко на шлиховые карты наносят также главные поисковые предпосылки и признаки коренного оруденения (возможные рудоносные интрузии и их контактовые зоны, продуктивные горизонты, рудолокализирующие структуры, зоны гидротермально измененных пород, рудные гальки, места находок руды в элювиально-делювиальных отложениях, выходы рудных тел, действующие и заброшенные прииски, рудники и др.).

К шлиховой карте прикладываются геоморфологическая карта четвертичных отложений. Если таких карт нет, то на шлиховую карту наносят речные террасы, участки древнего аллювия, ледниковые отложения. При опробовании склонов долин и водоразделов шлиховые карты составляются в изолиниях содержания полезных минералов. Такие карты дают представление о морфологии и масштабе ореолов рассеяния и позволяют установить места максимальной концентрации продуктивных минералов.

Материалы шлиховой съемки позволяют обнаружить россыпные и коренные месторождения полезных ископаемых или наметить перспективные участки для их поисков. О наличии россыпных месторождений свидетельствует: повышенное содержание полезного минерала в рыхлых отложениях, благоприятная геоморфологическая обстановка для его накопления, наличие в районе источников россыпей или благоприятных предпосылок для обнаружения коренных месторождений.

На близость коренного месторождения указывают: 1) повышенное содержание полезного минерала на отдельных участках района при резком уменьшении количества его вверх по склону или течению реки (в верхних частях ореола рассеяния); 2) наличие в шлиховых пробах ассоциаций минера-

лов, свойственных коренным объектам района или ожидаемым геолого-промышленным типам месторождений; 3) уменьшение степени окатанности зерен минералов и наличие в шлихе минералов и минеральных сростков, неустойчивых в поверхностных условиях. Эмпирически установлено, что касситерит обнаруживается в аллювии на расстоянии первых десятков километров от первоисточника, вольфрамит до 8 км от коренного месторождения, а золото (особенно тонко распыленное) может переноситься в аллювии на несколько сотен километров.

Важнейшим показателем возможности обнаружения коренных месторождений является комплекс геологических и минералого-петрографических критериев и признаков промышленного оруденения (наличие рудоносных магматитов и руд, благоприятные геолого-структурные обстановки, проявления зон гидротермального метаморфизма, геохимические ореолы рассеяния и др.). минеральные ассоциации шлиха в этом случае позволяют судить о геолого-промышленном и формационном типах ожидаемых месторождений. Так, в шлиховых ореолах рассеяния месторождений скарновой формации развиты шеелит, гранаты, пироксены, амфиболы, везувиан и сульфиды (вблизи месторождений); наличие в рыхлых отложениях касситерита, танталониобатов, сподумена, турмалина, монацита и лепидолита указывает на пегматитовый тип оруденения и т.д. Для суждения о типе ожидаемого месторождения могут быть исследованы форма кристаллов, типоморфные физические и химические признаки шлиховых минералов.

6.2.2. Геохимические методы поисков

Геохимические методы поисков получили в настоящее время очень широкое развитие. Достоинствами геохимических методов являются значительные возможности использования их на разных стадиях геологоразведочного процесса и в широких диапазонах ландшафтно-климатических обстановок, обнаженности и расчлененности рельефа изучаемых регионов, а так же объективность, высокая информативность и оперативность исследований. Они позволяют дешево и быстро определить весьма низкие концентрации химических элементов по большому числу проб и выявить аномальные участки с повышенными содержаниями полезных компонентов.

На выявлении и оконтуривании таких аномалий, нередко представляющих собой ореолы рассеяния коренных месторождений, и основаны геохимические методы поисков. Использование геохимических данных при составлении прогнозных карт повышает глубинность прогнозирования до 1 км, что особенно важно при поисках скрытого оруденения.

В зависимости от характера ореолов рассеяния элементов выделяются следующие геохимические методы поисков: 1) литохимический (металлометрический), 2) гидрохимический, 3) биохимический, 4) атмосферический (газо-

вый) и др. Важнейшее значение в практике работ имеет литохимический метод поисков, позволяющий производить оценку рудоносных структур на количественной основе.

Литохимический метод основан на изучении вторичных и первичных ореолов и потоков рассеяния химических элементов. Задача сводится к тому, что бы на фоне среднего для района (нормального) содержания выявить аномальные участки с повышенными значениями элементов – индикаторов руд. Сущность метода состоит в систематическом опробовании пород с целью определения содержания в них рудных элементов и выявления характера и формы ореолов и потоков их рассеяния. На основе изучения ореолов рассеяния элементов с учетом геологической и геоморфологической обстановки выявляются участки, перспективные для обнаружения коренных месторождений полезных ископаемых. По первичным литохимическим ореолам могут быть выявлены как выходящие на поверхность, так и скрытые рудные тела. По вторичным ореолам и потокам рассеяния выявляются месторождения и рудные залежи, скрытые под рыхлыми отложениями.

Метод включает следующие операции: выбор мест и плотности сети опробования, отбор и обработку проб, анализ проб, обобщение и интерпретацию результатов опробования. Выбор места взятия проб густоты сети опробования определяются проектным заданием и характером ореолов рассеяния. Исследования по первичным ореолам рассеяния в значительных объемах проводятся на стадиях поисков, оценки и разведки месторождений, а также при выполнении специальных прогнозно – металлогенических работ. Пробы отбираются из коренных пород по линиям геологических маршрутов, инструментально разбитых и привязанных к местности. Опробованию подвергаются наиболее перспективные участки, достаточно хорошо обнаженные или вскрытые горными выработками и картировочными или поисково-структурными скважинами. Это, прежде всего, эндо- и экзоконтакты рудоносных интрузивов, минерализованные зоны гидротермальных изменений и дробления пород, продуктивные фации вулканогенно-осадочных пород и др.

При изучении вторичных ореолов рассеяния при малой мощности рыхлых отложений (первые метры) пробы обычно отбираются из верхнего слоя элювия и делювия. Глубина отбора проб меняется от 15-20 см (в сухих и засушливых районах с нейтральными сероземами и черноземами) до 40-80 см (в районах с влажным климатом и подзолистами, серыми и бурыми лесными почвами). При детальном поиске рациональную глубину отбора проб определяют экспериментально. При геологических съемках мелкого и среднего масштаба (1:1000000-1:100000) пробы отбираются попутно по линии геологических маршрутов. При поисках масштаба 1:50000 - 1:10000 и крупнее производится инструментальная разбивка прямоугольной поисковой сети с расположением поисковых линий вскрест простирания ожидаемых рудоносных структур. В условиях мощных насосов (многие единицы – десятки метров) погребены ореолы рассеяния изучаются по крену картировочных сква-

жин. Специальные литохимические поиски в таких условиях выполняются только на заведомо перспективных площадях.

Поиски по потокам рассеяния получили наименование метода поисков по донным осадкам. Данный вид поисков наиболее эффективен в условиях горного рельефа с хорошо развитой гидросетью. Объектом опробования при данном методе являются тонкие илисто-глинистые фракции аллювия (донные отложения) мелких рек, ручьев, сухих логов и конусов выноса делювиальных и аллювиальных отложений. Таким путем изучаются потоки рассеяния, которые прослеживаются иногда на более значительные расстояния по сравнению с крупными реками, где рудные компоненты быстро разубоживаются до фоновых содержаний. В условиях платформ с мощным чехлом рыхлых отложений и в пенепленизированных областях со слабо развитой гидросетью поиски по донным осадкам неэффективны.

Густота сети опробования при литохимических методах поисков определяется масштабом исследований. Расстояние между маршрутами (профилями) и пробами по маршрутам (профилям) меняется, соответственно, от 18-1 км и 100-50 м (масштабы 1:1000000 – 1:100000) до 500-10 м и 50-5 м (масштабы 1:50000 – 1:1000)(табл. 6.1).

Таблица 6.1.

Густота опробования при литохимическом методе поисков

Масштаб исследований	Расстояние между маршрутами или профилями, км, м	Расстояние между пробами по маршрутам или профилям, м	Число проб на 1 км ²
1:1000000	12-18 км	100	1
1:500000	6-4 км	100	2
1:200000	2 км	100-50	5-10
1:100000	1 км	100-50	10-20
1:50000	500 м	50	40
1:25000	250-200 м	50-20	80-250
1:10000	100 м	20-10	500-1000
1:5000	50 м	20-10	1000-2000
1:2000	25-20 м	10	4000-10000
1:1000	10 м	5	20000 и более

Масса (вес) пробы и ее характер зависят от вида литохимических исследований. При изучении первичных ореолов пробы представляют собой несколько кусочков коренной породы общим весом 100-150 г. Отбор проб при поисках по вторичным ореолам осуществляется из элювиально-делювиальных отложений из закопущек, шуфров или скважин (глубина отбора отражена выше). В пробу отбирается мелкая фракция (менее 1 мм), масса ее составляет 20-50 г. При опробовании донных осадков пробы отбираются в русле водотока или береговой части его; масса (вес) отдельной пробы составляет 15-20 г.

Отобранные, занумерованные и задокументированные пробы подвергаются обработке. Пробы из первичных ореолов измельчают до 0,1 мм и сокращают на две части. Материал одной из них дополнительно стирают до состояния пудры и отправляют на анализ. Вторая часть пробы сохраняется в качестве дубликата. Пробы вторичных ореолов рассеяния просушивают и просеивают через сито 1-0,5 мм. Мелкую фракцию массой 15-20 г отправляют в спектральную лабораторию, где ее дополнительно измельчают до состояния пудры.

Обработанные литохимические пробы подвергаются спектральному анализу на то или иное количество элементов, предусмотренное проектом работ. Обычно при мелко-среднемасштабных съемках количество анализируемых элементов составляет 30-32 (основные металлы), а при поисковых работах, когда общая геохимическая обстановка и ожидаемые полезные элементы ясны, оно снижается до 10-15 компонентов. Для проведения спектрального анализа требуется 1 г пробы.

Обобщение и интерпретация результатов литохимического опробования заключается в нанесении данных анализов на графические материалы и их изучении. При маршрутных поисках составляются геохимические разрезы, а при площадных – геохимические карты в изолиниях содержаний анализируемых элементов. Изучение геохимической информации на фоне геологической обстановки с учетом геоморфологических данных позволяет установить местонахождения рудных тел, определивших появление ореолов рассеяния. В условиях равнинного рельефа рудные тела обычно размещаются в контуре ореола рассеяния, а на склонах гор – выше по склону, иногда за пределами ореола.

Интерпретация вторичных литохимических ореолов предусматривает определение состава и уровня среза прогнозируемого оруденения. Обычно остаточные элювиально-делювиальные ореолы по форме и составу хорошо коррелируются с первичными ореолами, что дает возможность использовать вторичные ореолы или прогнозирование не только перекрытых (до 5-10 м), но и скрытых (слепых) или слабоэродированных месторождений. Наложённые сорбционно-солевые ореолы позволяют прогнозировать рудную минерализацию на глубинах до 100-400 м и более. При изучении и оценке вторичных литохимических ореолов определяют их морфологию, размеры, состав, контрастность, продуктивность, зональность (уровень среза) и оценивают степень перспективности структур на обнаружение промышленных руд. Иногда по вторичным ореолам удается предсказать масштабы скрытого оруденения.

Первичные литохимические ореолы эндогенных месторождений значительно превышают размеры рудных тел, отражают вещественный состав, количественное соотношение компонентов в рудах и характеризуется зональностью в распределении элементов-индикаторов. Нередко выявляется зональное размещение аномалий вокруг рудных тел с обособлением надрудных (*Ba, Sb, Hg, I, Br, Tl*), околорудных (*Cu, Pb, Zn, Cd, Ag, Au*) и подрудных (*Ni, Co, Cr, V, Mo, Sn, Be, W*) геохимических ореолов с геохимическими моделями эталон-

ных месторождений, дает возможность оценить состав, глубину залегания и промышленную значимость скрытого оруденения.

Для геохимических аномалий, обусловленных скрытыми (слепыми) залежами, характерно ослабление их контрастности по мере увеличения глубины залегания рудных тел. Иногда линейные аномалии высокой интенсивности, отвечающие зонам повышенной дислоцированности пород, сопровождаются слабо контрастными ореолами, указывающими на вероятность проявления на глубине значительного по масштабу скрытого оруденения. Наиболее эффективным при поисках и оценке “слепого” оруденения являются методы суммарных (мультипликативных или аддитивных) ореолов и фазового анализа рудных компонентов (метод ЧИМ и др.). Значительные возможности для целей прогноза скрытого эндогенного оруденения заложены в литохимических ореолах йода. Первичные ореолы этого элемента имеют значительные размеры и зональное строение. Отмечается, что йод образует наиболее далеко уходящие от рудных тел ореолы, проникающие через породы-экраны для основных рудообразующих элементов. Глубинность литохимических поисков по эндогенным ореолам йода достигает 700-1000м.

Гидрохимический метод основан на изучении гидрохимических ореолов рассеяния месторождений. Гидрохимические исследования применяются при мелко-, средне- и крупномасштабных поисковых работах (относятся к категории основных в комплексе), реже используются на стадиях оценочных работ и разведки. Эффективность их определяется высокой площадной представительностью гидрохимической пробы, простотой операции, низкой стоимостью и возможностью получить результаты в полевой период, а также наибольшей среди всех геохимических работ глубинностью, что позволяет широко использовать метод для поисков слепых и перекрытых рудных месторождений. Гидрогеохимические материалы позволяют выделить перспективные площади в рангах рудного района (мелко-среднемасштабные), рудных узлов, полей (крупномасштабные) и скрытых рудных тел, в том числе на флангах и глубоких горизонтах известных рудных полей и месторождений (детальные исследования). Недостатком метода является зависимость работ от многих причин: количества и продолжительности выпадения осадков, времени года, уровня грунтовых вод, интенсивности процессов окисления, активности водообмена, наличия геохимических барьеров, техногенных факторов и др. Наиболее благоприятными для применения этого метода поисков являются горные районы, характеризующиеся развитой гидросетью с невысокой общей минерализацией вод (до 1 г/л) и влажным климатом. Эффективность гидрохимических исследований в целом ниже, чем литохимических.

Метод включает отбор проб воды предварительный анализ их на месте отбора, геологическую и гидрогеологическую документацию проб, химический и спектральный анализ воды в лабораториях, обработку материалов и интерпретацию результатов опробования.

Анализ проб проводится на безе партии (определение сульфат-йода, хлор-йода, pH , суммы металлов) и в стационарных лабораториях (общий хи-

мический состав воды, контрольные определения, полярографический и спектральный анализы).

При обобщении и интерпретации результатов гидрохимических поисков на геологическую карту наносят все опробованные источники, около них условными знаками показывают содержание микроэлементов. Составляются таблицы средних содержаний компонентов в водах, приуроченных к различным комплексам пород, гидрохимические профили и другие материалы, совокупность которых позволяет выделить участки и структуры с повышенным содержанием компонентов и оценить их продуктивность. При проведении работ, интерпретации гидрохимических данных и прогнозировании необходимо учитывать *pH* среды и миграционные свойства рудных элементов в различных средах, тип геологической структуры (геосинклинальная область, платформа и т.п.) и природные (климатические) условия. Гидрохимические поля рудных месторождений (их облик) определяются, прежде всего, элементарным и минеральным составом руд.

Различают сквозные элементы (присутствуют в гидрохимическом поле большинства месторождений – *Cu, Pb, Zn, Co, Ni, As, Sb*) и специальные (подчеркивают специализацию руд – *Li, Sn, Cs, W, Au* и др.). Распределение концентраций элементов в поле зональное: в центральных частях и водах сосредоточены элементы с ограниченным геохимическим диапазоном водной миграции (*Li, Rb, Cs, Sn, Fe, Pb, Cu, Ge, Ce, W, Nb, Sb*), на периферии – элементы с широким миграционным диапазоном (*Zn, Mo, B, F, U* и др.).

Гидрохимические поисковые признаки рудных месторождений разделяются на универсальные (повышенное содержание в водах цинка и сульфат-иона, меди, мышьяка и суммы халькофильных элементов – *Cu, Pb, Zn, Cd, Ag, Co, Ni, Mo, As, Sb*), групповые (*F, Be, Li, Rb, Mo* для редкометалльных объектов, уменьшение *pH* и концентрации HCO_3 для сульфидных) и специальные (основные элементы полезного ископаемого как прямые признаки его). При мелких масштабах (1:1000000- 1:500000) используют только универсальные признаки и *pH*, при среднемасштабных (1:200000 – 1:100000) – универсальные и групповые признаки, а при крупномасштабных и детальных (1:50000 и крупнее) – универсальные, групповые и специальные признаки. Необходимо подчеркнуть зависимость гидрохимических исследований от сезонных условий. Чтобы устранить или ослабить влияние сезонных колебаний, в качестве поискового признака нередко используются отношения ионов, например SO_4^{2-}/Cl^{-1} . Водные ореолы распространяются от сульфидных месторождений на 0,5-3 км, в редких случаях 8 км. Над скрытыми рудными залежами гидрохимические ореолы имеют зональное строение с обособлением групп элементов, свойственных надрудным, рудным и подрудным средам.

Биогеохимический метод поисков основан на изучении биохимических ореолов рассеяния. Он заключается в отборе растительных проб, их озолении, анализе золы проб, обобщении и интерпретации результатов опробования. Систематическому опробованию обычно предшествуют экспериментальные работы с целью выявления, какие части растений (листья, ветви, корни) явля-

ется в районе концентратора элементов. Затем изучаемую площадь опробуют по прямоугольной сети, соответствующей масштабу поисков. При поисках масштаба 1:10000, например, расстояние между линиями составляет 100 м, а между пробами по линиям – 10-20 м. Для определения содержания металлов в золе используется, в основном, спектральный метод анализа.

Биохимические исследования рассматривают в качестве одного из прямых глубинных методов, используемых преимущественно на стадиях крупномасштабной геологической съемки и поисков руды при оценочных работах. Целесообразность применения их определяется возможностью поисков и оценки оруденения в закрытых районах, быстротой получения информации, глубиной и относительной эффективностью метода.

Биохимические исследования основаны на выявлении биогенных ореолов элементов-индикаторов рудных месторождений в растениях (фитогеохимия) и на их останках (торфогеохимия и др.). При этом используют, прежде всего, безбарьерные биообъекты (растения, которые накапливают рудные элементы линейно-пропорционально содержаниям их в питающей среде в сотни и тысячи раз выше местного фона или кларка их в соответствующих растениях и не искажают поисковой информации) и практически безбарьерные растения (концентрация до 100 раз выше местного фона, дают приближенно-количественную информацию). К первому типу относят 5% изученных растений СНГ (береза, хвойные деревья, полынь, мох, лишайники), ко второму – около 17%. Количественные барьерные характеристики биообъектов определяют не только вид растения, но и тип его анатомической ткани: безбарьерными обычно являются внешние покровы корней, кора деревьев и стебли трав; барьерными – листья, молодые побеги, цветы, плоды и семена.

Биогеохимические исследования позволяют выявить и оконтурить аномальные участки, соответствующие площадям потенциальных рудных районов и узлов (мелко-среднемасштабные), рудных полей и месторождений (крупномасштабные и детальные).

Атмохимические (газовые) методы поисков основаны на изучении распределения газовых компонентов в подземной и приземной атмосфере с целью выявления ореолов рассеяния месторождений. В настоящее время накоплен значительный опыт применения этих методов для поисков месторождений газа, нефти, ископаемых углей, радиоактивных руд. При поисках эндогенных рудных месторождений широко используется газортутный метод.

Известно три группы газов, формирующих атмохимические ореолы рассеяния месторождений полезных ископаемых. Первая группа включает первичные газы – компоненты процесса рудообразования: CO_2 , аргон, H_2S , CH_4 , кислород, Cl , F , P , $C_{орг}$. Выделение газовых компонентов из месторождений происходит в течение всего времени их эволюции. Вторую группу составляют газы, поступающие с глубины по тектоническим разрывам, в которых локализованы эндогенные руды. Это CO_2 , гелий, водород, углеводороды, аргон, Hg , Br , I , являющиеся продуктами дегазации мантии и химических, ядерных реакций в недрах Земли. Ряд газов (радон, торон, актион, криптон)

являются продуктами радиоактивного распада элементов. К третьей группе относятся газы, возникающие при формировании зоны окисления на месте месторождений.

Накапливаются вторичные CO_2 , H_2S , SO_2 , SO_3 , уменьшается O_2 в атмосфере зоны окисления месторождений. происходит восстановление ртутьсодержащих минералов до самородной ртути и переход ее в газовую фазу.

Атмохимические поиски проводят по сорбированным и свободным газам. В первом случае специальными бурами отбираются пробы грунта с заранее выбранной глубины. Затем газовая фаза анализируется в поле или в лаборатории. Во втором случае из скважин насосами отбирают пробы газов.

Наиболее распространенным газовым компонентом месторождений считается CO_2 . В зоне окисления он является основным продуктом преобразования сульфидных руд и разложения карбонатов. CO_2 выделяется в процессе жизнедеятельности организмов в почве и при окислении органического вещества кислородом вблизи поверхности; он является основным компонентом вулканических газов и гидротерм. Среди углеводородов при изучении газовых ореолов преобладает метан. Он содержится в почвах, болотах, возникает при биохимических и вулканических процессах, при внедрении интрузий, в гидротермах, при взаимодействии водорода или паров воды на глубине. Сероводород и сернистый газ образуется в зоне окисления сульфидных месторождений, за счет биохимических процессов, в вулканических газах и гидротермах. Аргон характерен для галогенных руд.

Поиски месторождений каустоболитов атмохимическим методом производятся на перспективных площадях после геологической съемки и геофизических исследований. На участке разбивается прямоугольная или квадратная сеть, в каждом пункте которой при помощи бура и специального газоотборника с глубины 1,5-2 м откачивается почвенный воздух. Затем в пробах определяется содержание углеводородов. Результаты опробования выносят на геологическую карту. По сумме геолого-геофизических данных и результатам газовой съемки выделяются перспективные участки, подлежащие дальнейшему изучению.

Эманационный метод основан на измерении концентрации радиоактивных эманаций в почвенном воздухе. Радиоактивные эманации (радон, торон, актинон) распространяются от источника в окружающую среду преимущественно диффузионным путем и накапливаются в почвах. Концентрации их обычно колеблются от 0,1 до 10 эман, а на аномальных участках в почвенном слое достигают десятков тысяч эман. Метод эманационной съемки обладает высокой чувствительностью и обеспечивает выявление ореолов рассеяния урана с содержанием в тысячные доли процента. В связи с этим он может использоваться для поисков любых месторождений, в рудах которых содержится хотя бы небольшое количество радиоактивных элементов (редкометалльные и слюдяные пегматиты, фосфориты и др.). Пробы газа отбираются из рыхлых отложений специальными пробоотборниками. Глубина опробования зависит от мощности рыхлых отложений и меняется от 0,8-1 до 1,5-2 м.

Для целей прогноза и поисков глубокозалегающих эндогенных месторождений в последние годы активно используется изучение ореолов рассеяния паров металлической ртути в почвенной и надпочвенной атмосфере. Источниками газортутных ореолов являются месторождения, зоны минерализации и зоны глубинных разломов. Первичные ореолы ртути наиболее интенсивны в надрудных горизонтах сульфидных месторождений, где их продуктивность в 3-8 раз выше, чем в околорудных и подрудных. Гипергенные процессы усиливают газоотделение ртути. Нередко над рудами эндогенных месторождений содержание ртути в ореолах зависит от температуры, формы нахождения ее и концентрации в твердой фазе, от площади рудных тел, условий открытости рудного участка.

Газортутные поиски наиболее эффективны на стадиях крупномасштабной съемки и поисков. Их используют при следующих условиях [30]: 1) месторождения должны быть источниками паров ртути; 2) присутствие тектонических зон и трещин – каналов фильтрации паров ртути; 3) наличие вышележащих отложений, благоприятных для накопления ртути. Опробование производится по прямоугольной сети, соответствующей масштабу поисков. В работе используется щуп (пробоотборник) и компактная аппаратура, фиксирующая содержание паров ртути. При анализе материалов газортутной съемки необходимо иметь в виду, что концентрация паров ртути в почвенном воздухе над промышленными месторождениями превышает фон в 2-50 раз, а интенсивность и размеры аномалий определяются, прежде всего, масштабами оруденения, составом руд и глубиной их залегания. Газортутными исследованиями возможно обнаружение рудных месторождений на глубине 100-200 м (погребенные), 200-300 м (скрыто-погребенные) и 600-800 и более метров (скрытые).

При геохимических поисках широко используется ядерно-физические методы: гамма-нейтронный (фотонейтронный), нейтронно-активационный и рентгенорадиометрический. Эти методы применяются в модификациях поисков по элементам-индикаторам в рыхлых коренных породах.

6.2.3. Физико-химические методы поисков

Физико-химические методы исследования при поисках и прогнозировании эндогенного оруденения сводятся к решению двух задач: 1) выявлению и анализу ореолов пропаривания месторождений на основе изучения декрепитационной активности пород (декрептофонический метод); 2) определению параметров рудообразующих растворов по флюидным включениям в минералах руд – околорудных гидротермалитов и анализу их поведения в рудоносной структуре (термобарогеохимия). Их используют на стадиях поисков, оценочных и разведочных работ.

Установлено, что вокруг рудных тел магматогенных месторождений, наряду с первичными геохимическими ореолами, образуются эндогенные ореолы пропаривания (области насыщения минералов вторичными газово-жидкими включениями), фиксирующие зону проработки вмещающих пород рудообразующими растворами. Ширина ореолов пропаривания превышает мощность рудных тел в 4-10 раз, а декрепитационной активности над рудными телами (или столбами) с закономерным снижением ее (вплоть до фоновой) на периферии продуктивных зон. Эти данные в совокупности с результатами геохимических исследований позволяют успешно использовать декрепитометрию пород для перспективной оценки структур на скрытое оруденение.

6.2.4. Геофизические методы поисков

Геофизические исследования находят широкое применение при поисках и прогнозировании скрытого оруденения. Основу их в условиях рудных районов и узлов составляет анализ результатов аэро- и наземных магнитометрических и гравиметрических съемок масштаба 1:50000-1:25000, а при изучении рудных полей и месторождений (1:10000 - 2000) – материалов наземных магнитометрических и электроразведочных работ (методы ВП, ЕП, ВЭЗ, электропрофилирования и др.), иногда сейсморазведки и ядерно-физических исследований. Магнитометрические, гравиметрические и сейсморазведочные данные позволяют уточнить геологическую основу, обнаружить скрытые рудоносные интрузивы, структуры и выявить внутреннее строение их и вмещающего геологического разреза, а также дают выход на прямой прогноз зон гидротермального метасоматоза (магниторазведка) и крупных рудных залежей магнетитовых и сульфидных руд (магнито- и гравиразведка). Зоны гидротермального метаморфизма с сульфидной минерализацией и рудные залежи хорошо картируются методами ЕП, ВП и радиометрическими исследованиями (гамма- съемка, радиоактивный каротаж скважин и др.). Методика геофизических работ и интерпретация данных излагаются в специальных курсах и поэтому здесь не рассматриваются.

Геофизические предпосылки поисков и прогнозирования (поисковые признаки) выявляются по характеру полей, интенсивности и контрастности аномалий. Геологические объекты, создающие интенсивные и контрастные геофизические аномалии, выходят на дневную поверхность или залегают вблизи нее. С увеличением глубины залегания верхней кромки рудных залежей интенсивность аномалий снижается, одновременно ослабевает их контрастность. Если аномалии и другие особенности наблюдаемых полей вызваны непосредственно поисковым объектом (рудное поле, месторождение, рудное тело), то такие геофизические аномалии необходимо рассматривать в качестве прямых поисковых признаков.

Примерами являются специфические геофизические поля разнообразных типов рудных месторождений (колчеданных, медно-порфировых, сульфидных медно - никелевых и др.), интенсивные магнитные аномалии над залежами магнетитовых руд и железистых кварцитов, радиометрические – над залежами радиоактивных руд, аномалии ЕП и ВП – над сульфидными и графитовыми телами. Если в геофизических полях отражен не поисковый объект, а вмещающее его тело (геологический разрез, рудоносный интрузив, зона гидротермального метаморфизма), рудоконтролирующая структура или сопутствующий геологический признак, то выявленные аномалии рассматриваются как косвенные поисковые признаки.

При прогнозировании и поисках скрытого оруденения необходимо иметь в виду, что месторождения различных рудных формаций, проявляющиеся в различных регионах, иногда обладают сходством геофизических полей. Однако в каждом случае прогноз должен базироваться на результатах количественной интерпретации аномалий с учетом физических свойств горных пород конкретного региона. При этом выявляются условия залегания и параметры возмущающего тела (интрузив, рудная залежь), глубина верхней и нижней кромки его и другие данные, способствующие пониманию геологической природы аномалий и оценке их перспектив.

6.2.5. Технические (горно-буровые) методы поисков

К техническим методам поисков относятся такие приемы обнаружения полезных ископаемых, при которых горно-буровые работы приобретают самостоятельное (профилирующее) значение.

Горные и буровые работы используются почти всегда и на всех стадиях геологоразведочного процесса. Это, прежде всего, расчистки, закопашки, шурфы и каналы, проходка которых осуществляется для создания искусственных обнажений коренных пород при геологической съемке и поисках в районах с небольшой мощностью рыхлых отложений. Они же широко применяются при изучении шлиховых и геохимических ореолов рассеяния, проверке геохимических аномалий, а также для вскрытия рудных тел, их оконтуривания и опробования с целью оценки промышленных перспектив оруденения. С этими же целями в районах с большой мощностью наносов используются картировочные и поисково-структурные скважины.

Самостоятельное значение горно-буровые методы поисков приобретают на перспективных площадях, где геологические, геофизические и геохимические методы поисков оказываются неэффективными. Примерами являются:

- поиски в благоприятной обстановке керамических и слюдяных пегматитов, располагающихся в кварц-полевошпатовых средах и перекрытых рыхлыми отложениями (вскрываются системой магистральных каналов);

- поиски россыпей в долинах рек и речек, металлоносность которых предполагается по геологическим предпосылкам или установлена шлиховым опробованием (поиски проводятся профилями шурфов и скважин);

- поиски разнообразных месторождений (в том числе скрытых) путем разбуривания благоприятных геологических структур и геофизических аномалий;

- поиски месторождений полезных ископаемых в закрытых районах путем систематического разбуривания геологически благоприятных площадей и структур.

Обычно технические методы поисков используются на стадиях поисков и поисково-оценочных работ. Горные выработки в этих случаях располагаются по поисковым линиям. Расстояние между поисковыми линиями определяется установленной или предполагаемой протяженностью рудных залежей, а густота выработок в профилях выбирается с таким учетом, чтобы не пропустить промышленно значимые рудные тела. Применение горно-буровых работ при поисках ограничивается их высокой стоимостью и громоздкостью оборудования.

6.3. Дистанционные методы поисков

Дистанционные методы разделяются на фотометрические методы, обеспечивающие получение яркостной картины наблюдаемых на поверхности Земли полей, дистанционные геофизические и геохимические методы, основанные на регистрации соответствующих полей. В качестве носителей регистрирующих и передающих систем дистанционных методов используются самолеты, вертолеты, искусственные спутники Земли. Кроме этого проводятся так-же аэровизуальные наблюдения и десантные операции. Аэровизуальные наблюдения рекомендуется применять перед началом наземных работ для общей рекогносцировки, во время полевой работы и после ее завершения для проверки составляемых полевых карт.

Дистанционные фотографические съемки производятся с помощью специальных фотоаппаратов с высокой разрешающей способностью. Используются черно-белые, цветные, спектро- и многозональные фотоснимки. Масштабы аэрофотосъемок отвечают 1:200000-1:15000. При аэрофотосъемке ведущим методом работы считается геологическое дешифрирование – выяснение по аэрофотоснимкам данных о геологическом строении территории. Эти материалы, в свою очередь, используются для выработки комплекса поисковых критериев и определения направления поисковых работ. Иногда на основе изучения фотоматериалов обнаруживается само полезное ископаемое или выявляются признаки, указывающие на его присутствие. Аэрофотоснимки дают информацию о положении рудовмещающих и рудоконтролирующих структур и геологических тел, их форме и условиях залегания.

К числу относительно хорошо освоенных дистанционных геофизических методов относятся аэромагнитная, аэроадиометрическая, аэрогравиметрическая съемки и аэроэлектроразведка разных масштабов, обеспечивающие уточнение геологических карт и способствующие обнаружению рудных скоплений. Аэромагнитная и гравиметрическая съемки и поиски обычно проводятся в масштабах 1:200000-1:50000. Выбор масштаба зависит от целевого задания, геоморфологии и сложности геологического строения территории. Аномалии вызываются особенностями разреза земной коры и наличием в нем геологических тел, характеризующихся контрастными по отношению к среде физическими свойствами горных пород. Зоны контактов пород с различными магнитными и петроплотностными свойствами обнаруживаются как зоны градиентов напряженности гравимагнитных полей.

Аэрогаммасъемка применяется для непосредственных поисков месторождений урановых руд и оценки радиоактивности пород на больших площадях. Съемка выполняется в три этапа: 1) измерение гамма-излучения пород на высоте полета и выделение аномалий; 2) анализ выявленных аномалий; 3) наземная проверка этих аномалий и их геологическая интерпретация. Масштаб работ 1:50000-1:10000.

В последние годы получило распространение изучение при аэрогаммасъемке энергетического спектра регистрируемого гамма-излучения, которое позволяет с самолета определить природу радиоактивности горных пород и рудопроявлений на снимаемой площади. Весьма эффективным поисковым методом является аэрогаммаспектрометрия, изучающая структуру радиоактивного поля, создаваемого горными породами и рудами в нижних частях атмосферы. Радиоактивные руды урана и тория довольно легко этим методом опознаются с воздуха по характеру излучения. Для месторождений редкоземельных элементов, олова, бериллия, бокситов характерны повышенные количества тория. Уран накапливается на месторождениях молибдена, тантала и ниобия. Накопление калия свойственно медно-молибденовым, полиметаллическим, золото-серебряным, золото-сурьмяным месторождениям. Поэтому расшифровка урановой, ториевой, калиевой природы радиоактивных аномалий позволяет прогнозировать и направлять поиски на то или иное оруденение. Аэрогаммасъемка проводится в два этапа: 1) фоновая съемка по редкой сети маршрутов через 4-5 км; 2) детальная съемка между маршрутами по сети через 0,25 км.

Космогеологические методы обеспечивают интегральные представления о яркостной картине поверхности Земли в соответствующих диапазонах электромагнитного спектра. В качестве носителей регистрирующих и передающих систем при применении этих методов используются искусственные спутники Земли. Дистанционные космогеологические методы разделяются на фотометрические, обеспечивающие получение яркостной картины наблюдаемых полей, и дистанционные геофизические и геохимические. Эти методы включают черно-белое, цветное и ИК-фотографирование, телевизионные

космические снимки, радарную, радиолокационную, радиотепловую, лазерную, ультрафиолетовую, спектрометрическую съемки.

Основным видом космических наблюдений является *фотографическая съемка* в диапазоне видимого излучения электромагнитных волн. Используются черно-белые, цветные, спектро- и многозональные фотопленки. Масштабы фотосъемок отвечают 1:1000000-1:100000. Другой разновидностью фотометрических методов являются фотоэлектронные телевизионные и спектрометрические съемки.

Телевизионные съемки обладают повышенной обзорностью, пониженной разрешающей способностью и позволяют выявлять глубинные структуры земной коры – планетарные, трансконтинентальные и региональные линейные и глубинные разломы тектонические глыбы и разнообразные по масштабу и своей природе кольцевые структуры

Последовательная детализация данных дистанционных методов наиболее эффективно осуществляется при наличии различных фотоматериалов с примерно четырехкратным разрывом в их масштабе. Использование космических снимков при металлогенических исследованиях направленно на выявление рудоконтролирующих структур: 1) сводово-глыбовых поднятий, возникающих в процессе активизации и определивших металлогеническую зональность концентрического типа; 2) линейных сквозных зон, секущих структурный план регионов различного строения, среди которых выделяется система рудоконтролирующих структур; 3) очаговых структур магматического происхождения, обладающих радиально-концентрическим строением и контролирующим расположение отдельных рудных узлов и полей. При выявлении по аэрокосмическим материалам площадей, перспективных на обнаружение полезных ископаемых, существенное значение имеют геометрические особенности изображения геологического объекта.

Основными методическими приемами использования комплекса аэрокосмических материалов являются: 1) последовательная детализация аэрокосмических материалов, начиная с мелкомасштабных; 2) использование комплекта аэрокосмических материалов, разных видов, близких или одинаковых по масштабам, а также дистанционных материалов одного вида, но различных по сезонным условиям съемки; 3) комплексная интерпретация аэрокосмических, геофизических, геохимических и других материалов.

Спектрометрические съемки производятся с помощью сканирующих систем в узких зонах видимой (и инфракрасной) частей спектра. Инфракрасные съемки производятся фотоэлектронными системами – тепловизорами-тепллокаторами, преобразующими невидимое изображение в видимое на люминесцирующих экранах. Наблюдения производятся в диапазонах двух “окон” инфракрасного спектра – от 1,8 до 5,3 и от 7,5 до 14мкм (1мкм = 10 м), в пределах которых инфракрасные лучи относительно слабо поглощаются в атмосфере. Инфракрасные съемки выявляют элементы ландшафта различной теплоемкости, участки многолетней мерзлоты, тепловые потоки в водах (в диапазоне первого “окна”) и объекты с отчетливо повышенной температу-

рой - зоны вулканической и гидротермальной деятельности, эндогенные аномалии линеаментов и кольцевых разломов (в диапазоне второго “окна”). Они широко используются при дешифрировании космоснимков и способствуют выявлению активных структур земной коры.

Радарные (радиолокационные) съемки используются для дешифрирования геоморфологических элементов местности, выявления тектонических зон и дают дополнительную информацию по характеру растительного покрова, оценке водоносных структур и вещественного состава пород. Они основаны на излучении радиоволн длиной от 1 до 100 см, отражаемых от земной поверхности и регистрируемых на борту космического корабля или спутника. Работы проводятся в масштабах 1:200000-1:100000, качество снимков практически не зависит от погоды.

К числу космических геофизических методов относятся космомагнитная, косморациометрическая съемки, обеспечивающие уточнение геологических карт и способствующие выявлению скоплений полезных ископаемых.

Космофотоснимки могут принадлежать к следующим уровням генерализации: 1) глобальному, 3) локальному, 4) детальному. Генерализация – это естественный при фотосъемке с больших высот отбор элементов ландшафта и природных объектов, соответствующих масштабу космофотоснимка. Используются трансформированные космофотоснимки – снимки, исправленные за угол наклона, за счет кривизны поверхности, приведенные к заданному масштабу и имеющие сетку меридианов и параллелей.

Дешифрирование космофотоснимков базируется на принципах геологического дешифрирования аэрофотоснимков с учетом основной их особенности – высокой степени генерализации, влияющей на отбор дешифровочных признаков. Задачи дешифрирования: 1) изучение характера тектоники, морфологии структурных форм, их взаимоотношений, генезиса и относительного возраста; 2) выявление и прослеживание на площади литологостратиграфических комплексов пород, анализ их пространственных и временных соотношений; 3) изучение и анализ геоморфологических особенностей территории – генезиса форм рельефа и их возраста; 4) изучение ландшафтной оболочки Земли и степени отражения в ней геологических объектов; 5) уточнение, детализация известных геологических карт или создание их новых вариантов.

6.4. Подводные поиски

Моря и океаны – огромные вместилища различных полезных ископаемых: руд золота, олова, железа, марганца, хрома, никеля, кобальта, меди, фосфора, нефти, газа. Они заключены в донных осадках и в коренных породах. В настоящее время основными объектами исследований являются осадки в пределах береговой зоны суши и мелководной зоны шельфа. Некоторые страны (США, Англия, Австралия, Бразилия, Германия, Египет, Индия, Ин-

донезия, Исландия, Канада, Малайзия, СНГ) в значительной степени удовлетворяют свои потребности в том или ином минеральном сырье путем разработки подводных россыпных месторождений – до 50% ильменита, циркона, платины, золота, касситерита, алмазов, титаномагнетита, строительного песка, фосфорита.

Объекты исследований. Россыпи шельфа. Границей шельфа обычно считается линия дна на глубине 200м. Площадь шельфа составляет 7,5% площади Мирового океана или 18% территории суши.

При переносе и переотложении обломочного материала в прибрежно-морской обстановке наблюдается длительная повторяемость одних и тех же процессов примерно в одинаковом режиме. Это приводит к совершенной дифференциации обломочного материала по крупности, форме, плотности частиц и определяет характер, скорость и массу транспортируемого материала. Поэтому здесь развиты пески, алевриты, глины, илы, а устойчивыми оказываются минералы самых верхних горизонтов земной коры.

Выделяются три группы минералов, отличающихся по условиям переноса, отложения и особенностям пространственного размещения (Добрецов, 1980). К первой группе относятся тяжелые минералы, которые отличаются низкой миграционной способностью – золото, платина, касситерит, имеющие плотность выше 7 г/см³ и сравнительно небольшую механическую стойкость. Прибрежно-морские россыпи этих минералов располагаются не далее 20-30 км от коренного источника. Вторую группу составляют механически устойчивые минералы с плотностью 4-7 г/см³: магнетит, титаномагнетит, ильменит, хромит, монацит, циркон, рутил. Они могут располагаться в россыпях в десятках-сотнях км от коренного источника. К третьей группе относятся особенно механически устойчивые минералы с плотностью ниже 4 г/см³: алмаз, сапфир, рубин, шпинель, хризопраз, изумруд, топаз. Скопления таких минералов могут находиться на расстоянии многих сотен км от коренного источника.

Пространственное положение прибрежно-морских россыпей определяется геологическими, геоморфологическими и гидродинамическими факторами. При изучении геологической обстановки важно установить источники сноса полезных минералов, степень их перспективности, особенности неотектонических движений, климатические условия и т.п. Геоморфологические условия во многом определяют морфологию россыпей и их строение. Поэтому необходимо выяснить геоморфологические особенности прилегающей к акватории суши и прибрежной зоны. А также характер подводных форм рельефа. Наибольшее значение в формировании, размещении и динамике прибрежно-морских россыпей имеют гидродинамические условия – особенности и режим морских течений, характер и степень волнений и т.п. формирующиеся морские россыпи располагаются на современных пляжах, подводном береговом склоне, на морских террасах.

Месторождения систем срединно-океанические хребты – рифты океанов. В этих структурах выявлены скопления железо-марганцевых кон-

креций, сульфидоносные илы и постройки «черных курильщиков». Изучение таких руд в прикладном плане находится в зачаточном состоянии.

Методика морских прогнозно-поисковых исследований. Геологоразведочные работы в прибрежных зонах морей и океанов проводятся с соблюдением стадийности, позволяющей постепенно отбраковывать отдельные площади шельфа и последовательно сгущать сеть наблюдений на перспективных участках. В настоящее время для проведения поисково-разведочных работ, особенно в морских бассейнах с мощным чехлом рыхлых отложений, производственно-техническая база подготовлена слабо. Геологическая съемка проводится институтами ВНИИ Океангеология и др. в соответствии с внутриведомственными инструкциями. Большое внимание уделяется вопросам морской экологии.

Особенности геологических исследований шельфовых зон сводятся к следующим положениям: 1) весь комплекс работ ведется с водной поверхности (частично со льда) и сильно осложняется под влиянием погодных условий; 2) сравнительно сложная геологическая обстановка, вследствие небольших размеров продуктивных отложений и трудности расшифровки связанных с ними физических полей; 3) значительная протяженность изучаемой территории вдоль побережья и рассредоточенность отдельных геологических объектов; 4) преимущественное использование специализированных морских судов, плавучих и подводных установок; 5) необходимость сочетания сухопутных и морских геологоразведочных работ.

Разработка методики прогнозно-поисковых работ на шельфе проводится в следующих направлениях: 1) аэрокосмическое и геологическое обоснование методики; 2) создание методов непрерывного сейсмоакустического профилирования для различных стадий работ и комплексирования геофизических методов в сочетании с опробованием верхних слоев рыхлых отложений легкими техническими средствами; 3) разработка методики гидрологического обеспечения и изучения гидродинамических характеристик россыпей; 4) создание методики геолого-экономической оценки работ на разных стадиях и экономической оценки месторождений.

Основной задачей геологического обоснования методики проведения геологоразведочных работ является определение прогнозно-поисковых критериев, признаков конкретных типов месторождений полезных ископаемых и создание принципов построения палеореконструкций шельфовых зон. Необходимо изучать возможности применения традиционных геологических методов прогнозирования и поисков, которые в морских условиях невозможны без специальных технических средств и совмещения с методами гидродинамического анализа процессов разноса, накопления и дифференциации материала в мелководной зоне под воздействием разных факторов. В числе традиционных методов используются аэрокосмофотосъемка, шлиховое опробование и геохимические исследования.

Поиски в морских условиях проводятся: 1) с надводных судов; 2) с подводных конструкций и аппаратов; 3) аквалангистами и водолазами. Из них наиболее эффективными оказываются поисковые работы с надводных судов.

ЛЕКЦИЯ 7

План лекции

1. Документация при геологоразведочных работах
2. Первичная геологическая документация
3. Документация горных выработок
4. Сводная геологическая документация

7.1. Документация при геологоразведочных работах

Исходным материалом для геологических построений, заключений и прогнозов служат первичные геологические наблюдения. Проведение первичных геологических наблюдений и их фиксацию в виде определенных документов называют геологической документацией. Значение геологической документации геологоразведочных выработок станет понятной, если учесть, что возможность повторных наблюдений в них часто исключается.

7.2. Первичная геологическая документация

Геологическая документация, в сущности первый и, следовательно, самый ответственный этап. Поэтому очень важно следить за качеством документации. К качеству *первичных геологических документов* предъявляются высокие требования. Они должны выполняться тщательно, точно и объективно, с максимальной полнотой отражать наблюдаемые факты. Неправильные выводы, сделанные при правильном ведении геологической документации, можно исправить, но неправильно составленную геологическую документацию в большинстве случаев исправить нельзя. Поэтому геологическую документацию следует поручать высококвалифицированным геологам, т.к. в самой документации уже заключен творческий элемент - отбор документируемого материала.

Необходимо также сохранение геологической и иной документации, образцов горных пород и руд, керн, дубликатов проб, которые могут быть использованы при дальнейшем изучении недр.

7.3. Документация горных выработок

Геологической документации подвергаются все пройденные горные выработки и пробуренные скважины. Необходимо, чтобы геологическая документация проводилась непосредственно вслед за проходкой выработок и скважин.

Первостепенными объектами геологической документации являются тела полезных ископаемых и вмещающие их породы. При изучении тел полезных ископаемых документируются: условия их залегания, морфология, внутреннее строение, характер контактов с вмещающими породами, текстуры, минеральный состав, зональность тел полезных ископаемых и околорудные изменения вмещающих пород. Особое внимание должно быть уделено выявлению пространственных связей рудных тел с геолого-структурными элементами: нарушениями, трещинами, складками, а также породами определенного состава.

Массовой геологической документации подлежат все пройденные горные выработки и скважины. Специализированная геологическая (тематическая) документация применяется при изучении отдельных, принципиально важных вопросов геологического строения, решение которых необходимо для правильного понимания условий формирования или закономерностей размещения полезного ископаемого.

При геологической документации разведочных выработок производится зарисовка их стенок, кровли или забоев в масштабах 1:20 или 1:50, реже 1:100, отдельные детали (строение рудных тел, контактов, взаимоотношения с нарушениями и др.) - зарисовываются в более крупных масштабах (1:10, 1:5), вплоть до зарисовок в натуральную величину. Для повышения качества геологической документации широко используется фотосъемка, с последующим дешифрированием. В разведочных *канавках*, как правило, зарисовываются дно канавы и одна стенка (рис. 7.1).

В *шурфах* - стенки и забой (рис. 7.2); при этом, если строение рудной залежи отображается одной стенкой, то документируется одна стенка. Шурфы круглой формы (дудки) удобнее всего документировать в форме разреза по их оси.

Подземные горные выработки документируются параллельно с проходкой, т.к. отставание крепи от забоя составляет первые метры, что ограничивает по времени возможности наблюдений, зарисовок и описаний перерывами в проходческом цикле. В горных выработках, проходимых по простиранию рудных тел (штреки, штольни), объектами зарисовок и описаний в случае крутого их падения является кровля и забой, а при пологом падении - стенка и забой. При этом в первом случае зарисовки кровли представляют собой зеркальное изображение (взгляд сверху), т.е. в проекции на горизонтальную плоскость (геологический план).

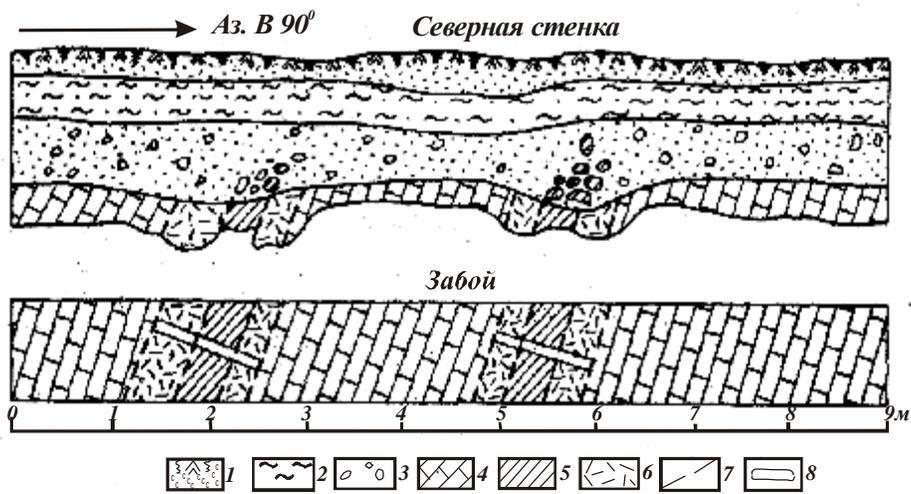


Рис. 7.1. Зарисовка канавы способом сопряженной неполной развертки (по В.В. Шевелеву):
 1 – почва; 2 – суглинок; 3 – элювий; 4 – известняк; 5 – жила кварца; 6 – известняк раздробленный; 7 – тектонические нарушения; 8 – бороздовая проба.

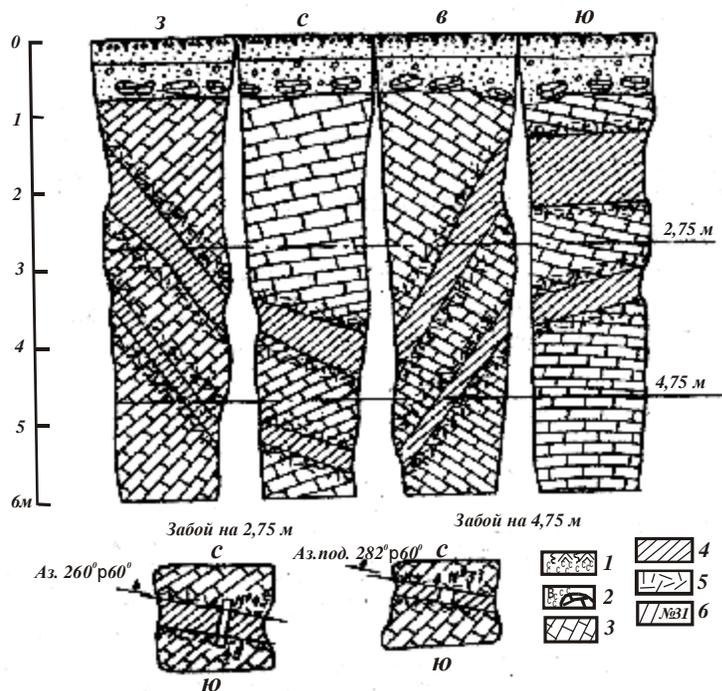


Рис. 7.2. Зарисовка шурфа способом полной сопряженной развертки (по В.В. Шевелеву):
 1 – почва; 2 – элювий; 3 – известняк; 4 – рудная жила; 5 – зона скарирования; 6 – места отбора проб.

Секущие подземные выработки (квершлагги, орты, штольни) документируются обычно по одной из стенок, в отдельных случаях, при сложной морфологии рудных тел - документируются обе стенки, или дается развертка (обе стенки, кровля и почва) (рис.7.3.). Выработки, прослеживающие рудные тела по падению или восстанию (гезенки, восстающие), документируются обычно по одной стенке, реже документируются две противоположные стенки.

При проведении геологических наблюдений в подземных горных выработках очень важна их точная привязка к маркшейдерским точкам (реперам).

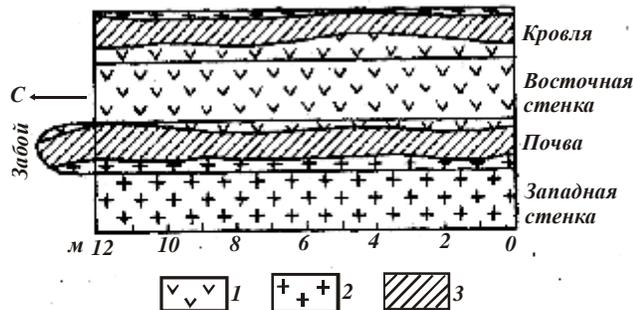


Рис. 7.3. Пример полной развертки при документации горизонтальной горной выработки (по В.В. Шевелеву): 1 – туфы; 2 – жильные диабазовые порфиристы; 3 – рудное тело

Для самоконтроля правильности зарисовки документируемой выработки следует проверять совпадение линий геологических элементов (контактов, тектонических швов и т.п.) на различных плоскостях развертки.

При бурении **колонковых скважин** изучение геологического строения производится по керну, а при бескерновом бурении - по буровой пыли или шламу. При документации колонковых скважин керн тщательно изучают, зарисовывают или фотографируют. Длина пробуренного интервала за рейс сравнивается с длиной керна, и по расхождению замеров вычисляется линейный выход керна.

По результатам геологической документации составляется геологическая колонка, в зависимости от глубины скважины и сложности геологического разреза, масштаб построения колонки обычно принимается 1:100 - 1:500. Зарисовка выполняется в виде проекции на площадь сечения, проходящего вдоль оси керна скважины. Описание керна ведется по каждому интервалу проходки отдельно или обобщенно по нескольким смежным интервалам, если скважина вскрывает одну и ту же породу. Наиболее детально описываются интервалы проходки по телу полезного ископаемого. В случае, если скважина пересекает разрез хорошо изученных пород, зарисовываются только рудные и наиболее интересные интервалы керна (отдельные включения,

контакты пород, пересечения прожилков, трещин и т.д.). Основными документами по скважине являются: буровой журнал, журнал геологической документации и буровой керн.

Первичная документация буровой скважины заканчивается составлением колонки-разреза, на которую выносятся результаты геофизических исследований (электро- и гамма-каротажа, данные инклинометрии) и результаты анализов проб. В краткой геологической характеристике приводится обобщенное описание горных пород вскрываемого разреза и рудных интервалов. Колонка-разрез по скважине является обобщенным первичным документом, который используется при составлении сводной геологической документации.

Документация скважин бескернового бурения. Бескерновое бурение - шарошечное сплошным забоем с промывкой или продувкой воздухом и ударно-канатное - применяется в основном на конечных стадиях разведки, когда геологическое строение месторождения уже выяснено. В таких случаях бурение сплошным забоем (шарошечное) ведется по всему разрезу или по вмещающим породам, а рудоносные участки проходят - колонковым способом. Ударно-канатное бурение широко применяется при разведке крупных штоков, массивов, некоторых пологозалегающих месторождений, а при разведке россыпей является основным видом бурения. Документация скважин ведется по шламу и цвету буровой мути или по цвету пыли.

Документация шнековых скважин. Шнековое бурение широко применяется при гидрогеологических исследованиях и при изучении рыхлых отложений. Геологическая документация шнековых скважин производится по образцам пород, поступающих на поверхность в результате вращения шнека при углубке скважины и закрепившихся на нижнем конце шнека. Границы различных пород в разрезе определяются по изменению режима бурения, а также путем несложного расчета по формуле:

$$H = \frac{l(V_t - V_\delta)}{V_t},$$

где H - глубина залегания породы; l - глубина скважины в момент начала выдачи породы из устья; V_t - вертикальная скорость транспортировки (определяется эмпирически), см/сек; V_δ - скорость бурения, см/сек.

Бурение большого числа разведочных скважин на крупном месторождении приводит к накоплению больших количеств кернового и шламового материала, требующих специальных помещений (кернохранилищ). Часть этого материала подвергается сокращению и ликвидации, которые регламентируются специальными инструкциями, основные положения которых сводятся к тому, что храниться должны характерные образцы горных пород, а также

весь керн, полученный с интервалов проходки по телу полезного ископаемого. Кроме того, сохраняется весь керн опорных скважин.

7.4. Сводная геологическая документация

Для получения представления о геологическом строении месторождения, формах тел полезного ископаемого и распределения его сортов для подсчета запасов и уточнения горнотехнических условий отработки месторождения или выяснения гидрогеологических его особенностей составляется сводная геологическая документация. Основными видами сводной геологической документации являются: геологические карты, разрезы, погоризонтные планы, проекции и блок-диаграммы. Масштабы сводной геологической документации колеблются в широких пределах. Геологическая карта месторождения в зависимости от размеров объекта обычно составляется в масштабах 1:1 000, 1:2 000, реже (для угольных и крупных рудных месторождений) 1:5 000. Разрезы, погоризонтные планы, проекции, как правило, представляются в том же масштабе, что и геологическая карта, хотя иногда выбирается и более крупный масштаб.

В процессе составления сводной геологической документации увязываются разрозненные данные, полученные в результате геологических наблюдений в отдельных выработках и приводившиеся разными лицами. Сопоставление отдельных зарисовок и колонок-разрезов и сведение их в единый чертеж возможно лишь при строгом соблюдении следующих условий:

1. Все естественные обнажения, горные выработки и скважины должны быть привязаны к единой системе координат и вынесены на топографические планы.

2. По результатам инструментальных замеров должны быть вычислены и вынесены на разрезы и планы азимутальные и зенитные отклонения скважин.

3. Все первичные геологические документы должны иметь единую легенду, одинаковый или кратный масштаб, четкую рисовку основных контактов горных пород, контуров рудных тел и разрывных нарушений, нумерацию по определенной системе.

Большое значение в разведочном деле имеет построение объемных моделей месторождений. Они обладают по сравнению с обычными графическими геологическими материалами тем преимуществом, что дают возможность видеть объект в трех измерениях непосредственно в пространстве. Современные модели месторождений или отдельных тел полезного ископаемого строятся с использованием специальных компьютерных систем. Это позволяет оперативно отображать на модели всю текущую геологическую документацию. Модели используются для прогнозирования перспектив месторождения и для направления разведочных работ на данном объекте. Кроме того, модели

могут эффективно служить для разного рода экспериментов, связанных с решением структурных задач и вопросов методики разведки месторождений полезных ископаемых.

ЛЕКЦИЯ 8

План лекции

1. Опробование полезных ископаемых
2. Виды опробования
3. Способы взятия проб (точечные, объемные и площадные, линейные)
4. Факторы, определяющие выбор способа отбора проб.

8.1. Опробование полезных ископаемых

Опробование полезных ископаемых – единственный научно-обоснованный способ выявления их качества, минерального и химического состава, внутреннего строения, физико-технических и технологических свойств и оценки их соответствия существующим требованиям промышленности.

Пробой называется партия материала, отобранная из скопления полезного ископаемого в его естественном залегании или из добытого минерального сырья, предназначенная для проведения тех или иных испытаний. Материал пробы может быть отобран двумя способами: путем сплошного отбора в одном месте (сплошные пробы) или путем составления пробы из отдельных порций (объединенные – групповые, комбинированные).

Специфика опробования заключается в несоизмеримости объема пробы с объемом опробуемых масс.

Основные требования, предъявляемые к опробованию.

1. **Достоверность**: ошибки в опробовании ведут к искажению контуров рудного тела, погрешности в подсчете запасов, ошибки в проектировании предприятия, в эксплуатации. Достоверность обеспечивается рациональным выбором видов проб: их размером и размещением, способом взятия и обработки проб и способом анализа проб. Достоверность опробования рудных месторождений регламентируется "Требованиями к обоснованию достоверности опробования рудных месторождений".

2. **Полнота опробования**, то есть должны быть выявлены все ценные компоненты и опробованием должно быть охвачено все месторождение.

3. **Оперативность опробования**.

4. **Экономичность**, то есть система опробования должна с минимальными затратами обеспечить заданную достоверность.

8.2. Виды опробования

Опробование, в зависимости от поставленных задач делится на 5 видов:

1. Геологическое.
2. Геофизическое.
3. Минералогическое.
4. Техническое.
5. Технологическое.

Геологическое (рядовое) опробование. Служит главным источником информации о характере пространственного распределения и степени концентрации полезных компонентов, являясь, таким образом, основой геометризации недр и подсчета запасов минерального сырья.

Тела полезных ископаемых опробуются с соблюдением следующих обязательных условий:

- плотность сети опробования должна обеспечивать достоверную оценку исследуемого параметра;

- опробование следует проводить непрерывно, на полную мощность тела полезного ископаемого. Кроме того, во всех разведочных пересечениях тел полезных ископаемых, не имеющих видимых границ – опробованию подлежат вмещающие породы.

- опробование должно проводится секциями (рядовыми пробами) по каждой природной разновидности, прослой некондиционных руд и пустых пород опробуются отдельно.

Длина рядовых проб во внутренних частях рудных тел не должна превышать установленных кондициями минимальной мощности, а также максимальной мощности некондиционных и пустых прослоев, включаемых в контур балансовых руд.

Для сокращения количества анализов иногда в практике геологоразведочных работ производится объединение проб. Количество проб, подлежащих объединению, зависит от расположения проб и расстояния между ними. Обычно объединяются две-четыре смежные пробы. При этом следует соблюдать следующие требования:

- объединяться могут только смежные пробы;

- объединять можно только однотипный по качеству материал.

Правильное объединение проб позволяет не только сократить количество анализов, но и сделать это без снижения точности результатов.

Для определения в рудах содержания попутных компонентов и вредных примесей, а при необходимости, для определения шлакообразующих компонентов из материала (дубликатов) рядовых проб, расположенных в контуре промышленного оруденения составляются групповые (компонитные)

пробы. Количество материала, входящего в групповую пробу, должно быть пропорционально длине рядовых проб. Размещение и количество групповых проб должно обеспечивать равномерное опробование каждого природного типа полезного ископаемого, а также основных разновидностей руд на попутные компоненты и вредные примеси, выяснение закономерностей изменения их содержаний по простиранию и падению рудных тел, возможность оценки их содержаний при повариантном обосновании кондиций для подсчета запасов.

Опробование полезных ископаемых на попутные компоненты производится в разведочных выработках, пройденных для опробования на основные компоненты. Специальных выработок для этой цели не проходят.

Состав главных минералов руд, а также попутные компоненты, которые не образуют собственных минералов, а входят в состав главных (основных) или жильных минералов, изучают с помощью мономинеральных проб.

Мономинеральные пробы получают из штуфов, объединенных штуфных проб или из материала рядовых проб различными способами (сепарацией, флотацией, промывкой, разделением в тяжелых жидкостях, отбором под биноклем и др.)

Геофизическое (рядовое) опробование проводится с целью определения полезных компонентов непосредственно в горных выработках и скважинах без отбора материала и отличается от других видов опробования тем, что минеральная масса не подвергается изменению, что дает возможность повторных геофизических испытаний. Геофизическое опробование, обладая экспрессностью, позволяет обеспечить оперативность и сокращение затрат (на отбор и обработку проб), особенно при комплексировании нескольких геофизических методов.

Целесообразность применения геофизических методов в качестве рядового опробования устанавливается путем сопоставления точности геофизических и геологических данных по опорным интервалам и пересечениям рудных тел. Применение геофизических методов опробования и использование их результатов при подсчете запасов полезных ископаемых регламентируется "Требованиями к геофизическому опробованию при подсчете запасов месторождений металлов и нерудного сырья" (ГКЗ СССР, 1989).

Геофизические методы опробования весьма разнообразны. Наиболее распространены магнитометрические и ядерно-физические, в том числе радиометрические методы определения качества руды.

Наилучшие решения геологических задач обеспечиваются по данным комплексных геофизических исследований. Рациональный комплекс геофизических исследований определяется задачами разведки и геолого-геофизическими свойствами месторождения.

Применение геофизических, в т.ч. ядерно-физических методов резко повышает производительность опробования и способствует переходу к бескерновому (более производительному) бурению, обеспечивает получение массовых данных о содержании полезных компонентов в пределах элементарно

малых (10-15 см) участков линейных проб, а, при необходимости, проведение повторных измерений.

Минералогическое опробование проводится в основном при разведке россыпных месторождений для определения содержания ценных минералов. При разведке коренных месторождений полезных ископаемых обычно осуществляются минералогические анализы штучных или объединенных проб для изучения минерального и фазового состава руд и вмещающих пород. При этом отбираются монофракции минералов для определения их элементного состава прецизионными методами. Минералогическое опробование применяется также для определения текстурно-структурных особенностей руд, выделения природных типов руд и выяснения строения рудных тел.

При разведке россыпей минералогические исследования проб являются практически единственным способом определения качества полезного ископаемого и содержания полезного компонента в песках (горной массе). При разведке коренных месторождений минералогическому изучению подвергаются пересечения рудных тел по разведочным выработкам. При разведке сложных месторождений особенно важное значение имеет минералогическое картирование. По данным минералогического картирования составляются минералого-петрографические и другие карты, что позволяет прогнозировать изменения качества минерального сырья, а знание зональности обеспечивает надежную увязку рудных интервалов и способствует выявлению слепых залежей полезных ископаемых.

Техническое опробование (технические испытания). Техническое опробование проводится на всех месторождениях полезных ископаемых и служит для изучения физико-технических свойств полезного ископаемого и вмещающих пород. На месторождениях многих видов неметаллического сырья техническое опробование является основным методом определения промышленной ценности и осуществляется систематически.

Технические испытания, выполняемые в процессе разведочных работ, делятся на три группы; испытания, необходимые для:

- 1) подсчета запасов;
- 2) уточнения горнотехнических условий эксплуатации разведываемого месторождения;
- 3) определения физических свойств и качества минерального сырья.

Технические испытания, необходимые для подсчета запасов, включают определения: объемной массы, влажности и макротрещиноватости руды. Они определяются на всех месторождениях, если содержание компонентов устанавливается в долях массы анализируемых проб (Требования к определению объемной массы и влажности руды для подсчета запасов рудных месторождений, 1992).

На месторождениях многих видов неметаллического минерального сырья (строительных материалов, слюды, асбеста, оптических и драгоценных камней и др.) техническое опробование выступает основным методом определения их промышленной ценности. Способы отбора проб на технические

испытания целиком зависят от назначения полезного ископаемого и, как правило, определяются техническими требованиями к сырью.

Требования промышленности к отдельным видам сырья и виды соответствующих испытаний приводятся в инструкциях ГКЗ по применению классификации запасов к месторождениям конкретных видов полезных ископаемых.

Технологическое опробование проводится для изучения технологических свойств минерального сырья. Для рудных месторождений при помощи технологических проб выявляется способность руды к обогащению и металлургическому переделу. По результатам технологического опробования разрабатывается рациональная схема и оптимальный режим переработки минерального сырья, обеспечивающие комплексное извлечение полезных компонентов и утилизацию отходов. Общая последовательность работ по технологической оценке запасов включает в себя:

- выделение природных (минералого-петрографических) типов и разновидностей руд по данным геологической документации, изучения образцов и результатам анализов рядовых и групповых проб;

- отбор лабораторных проб, характеризующих природные типы и разновидности руд, для разработки принципиальных технологических режимов и схем;

- отбор типовых технологических проб для укрупненных лабораторных испытаний;

- проверку разработанных технологических схем в процессе укрупненных лабораторных испытаний.

Технологические исследования должны быть завершены к моменту представления подсчета запасов на государственную экспертизу. Для решения указанных задач отбираются различные по назначению и детальности исследований технологические пробы: лабораторные, укрупненно-лабораторные и полужаводские технологические пробы. Лабораторные и укрупненно-лабораторные пробы изучаются в лабораторных условиях. Масса лабораторных проб колеблется от десятков до сотен килограммов; масса укрупненно-лабораторных проб обычно составляет тонны или десятки тонн.

Полужаводские технологические пробы предназначены для проведения полужаводских испытаний лишь в особых случаях: с целью проверки новых технологических схем, еще не освоенных промышленностью. Масса полужаводских проб может достигать нескольких сотен или тысяч тонн.

Одной из важных геологических задач является обеспечение представительности любых технологических проб. Во всех случаях технологическая проба должна быть представительной по среднему содержанию полезных компонентов и вредных примесей, химическому и минералогическому составу, текстурно-структурным особенностям руд, их физико-механическим свойствам, то есть соответствовать средним значениям параметров по месторождению или выделенным промышленным сортам руд.

Технологические пробы отбираются различными способами. При буровой системе разведки материал для проб берут из второй половины керна, ос-

тавшегося после геологического опробования. При ударно-канатном бурении технологическую пробу отбирают из шлама. Если применяется горная система разведки, то технологические пробы берут из горных выработок бороздовым или валовым способом.

8.3. Способы взятия проб

Пробы, отбираемые при разведке месторождений твердых полезных ископаемых, называются геологическими. Выбор способа опробования обусловлен геолого-минералогическими и морфологическими особенностями рудной залежи, видом полезного ископаемого и степенью его изменчивости, а так же, техническими средствами разведки.

По увеличению степени достоверности способы пробоотбора можно выстроить в следующий ряд: штуфной, точечный, шпуровой, бороздовый, задиrkовый и валовый.

Все способы пробоотбора можно разделить на: точечные, объемные и площадные, линейные,. К точечным относятся – штуфной и точечный методы; к площадным – задиrkовый; к объемным – валовый; к линейным – шпуровой, бороздовый (и его разновидности).

8.3.1. Точечные пробы

Штуфной способ состоит в отбойке отдельных кусков (штуфов) полезного ископаемого или в отборе кусков массы минерального сырья, отбитого при проведении выработки. В зависимости от условий опробования и вида полезного ископаемого масса пробы колеблется от 0,2 до 2,0 кг. Штуфные пробы используются, главным образом для изучения минерального состава, структур, текстур руд и для определения физических свойств (объемной массы, влажности, прочности и др.) минерального сырья.

Штуфной способ, как правило, непригоден для изучения химического состава руды и оконтуривания рудных тел, только в редких случаях, когда оруденение характеризуется равномерным распределением ценных компонентов, штуфной способ может дать реальное представление о химическом составе руды. Достоинства штуфного способа: высокая оперативность, малая трудоемкость.

Точечный способ. Материал пробы составляется из кусочков (частичных проб) размером 1,5-3,0 см и массой 10-20 г., взятых на обнаженной плоскости рудного тела (по забою или стенке горной выработки) по определенной системе в зависимости от характера распределения исследуемых компонентов. Если изменчивость содержания компонентов в двух направлениях оди-

накова, то частичные пробы отбираются по квадратной сетке. Если изменчивость в одном направлении больше, чем в другом, то принимают прямоугольную, реже ромбическую сеть. Число частичных проб, составляющих рядовую пробу, колеблется от 10 до 20. Расстояние между частичными пробами при квадратной сети 10x10 см или 20x20 см, реже больше, а при прямоугольной 10x20 см или 20x40 см. Чем сильнее изменчивость, тем чаще следует брать частичные пробы. Общая масса рядовой пробы составляет от 2-3 до десятков кг. Достоверность точечного способа взятия проб прямо пропорциональна числу частичных проб.

Точечный способ целесообразно применять для опробования мощных тел полезных ископаемых. Благоприятными текстурами руд, для применения этого способа, являются массивные и вкрапленные, грубопятнистые с закономерным распределением мономинеральных агрегатов. В последнем случае точечный способ дает более надежные результаты, чем бороздовый. Однако в трещиноватых рудах с очень хрупкими рудными минералами, а также в рудах с грубополосчатой текстурой, когда ширина полос близка к расстоянию между частичными пробами, точечный способ может привести к систематическим ошибкам. Для механической отбойки точечных проб применяется пробоотборники на базе пневматических перфораторов.

Горстьевой (вычерпывания) способ. Способ является универсальным для опробования рыхлых масс минерального сырья – навала отбитой руды, руды в транспортных сосудах, песков из россыпей, отвалов и других подобных минеральных скоплений. Этот способ подобен точечному, и является его разновидностью для рыхлых масс. Горстьевой способ заключается в отборе частичных проб, из которых и составляется проба из навала по квадратной сетке со сторонами 20-50 см, а прямоугольной – 20x40 см. Число частичных проб колеблется от 10 до 50. Минимальное число частичных проб берется из вагонеток, самосвалов, вагонов, чаще по способу конверта в пяти точках, в углах и в центре. Объем отдельной частичной пробы 20-200 см³, масса 50-600 г. Густота сети зависит от степени изменчивости распределения компонентов в пробе, крупности и однородности размеров кусков.

8.3.2. Объемные и площадные пробы

Валовый способ, который является наиболее достоверным и заключается в сплошном отборе минеральной массы (руды), получаемой на некотором участке тела полезного ископаемого при проходке горной выработки. Масса валовых проб может достигать десятков тонн. В пробу может поступать вся отбитая горная масса или ее часть (каждая 3-я, 5-я, 10-я и т.д. бадья, вагонетка и др.).

Валовый способ применяется при взятии большеобъемных проб для технологических испытаний, для определения содержаний на месторождении-

ях слюды, оптических минералов, драгоценных камней, алмазов и других, обладающих крайне изменчивым качеством, распределением, полезного ископаемого и неравномерным распределением основных ценных компонентов, а также для контроля других способов опробования.

Положительной стороной валового опробования является его высокая точность, отрицательной - необходимость отбора, транспортировки и переработки большого количества материала, что усложняет и удорожает опробование.

Задирковый способ является представителем площадных способов и применяется при опробовании рудных тел малой мощности (до 40 см), а также при очень неравномерном распределении ценных компонентов в руде. Задирковый способ представляет собой отбойку (задирку) равного слоя полезного ископаемого мощностью 3-10 см по всей обнаженной части рудного тела в забое или стенке горной выработки. В кровле или почве выработки задирковые пробы берутся в исключительных случаях (в частности, в почве канав).

Применение очень трудоемкого задиркового способа целесообразно лишь в тех случаях, когда более простые и менее трудоемкие (например, бороздовый) не обеспечивают надежного определения качества. Задирковый способ применяется как контрольный при выяснении относительной погрешности различных способов опробования.

8.3.3. Линейные пробы

Бороздовый способ опробования является наиболее распространенным в разведочной практике: при опробовании горных выработок более 70 % проб отбирается бороздовым способом. Существует несколько вариантов взятия бороздовых проб: борозда правильного прямоугольного сечения, пунктирная и объемная борозда (рис. 8.1). В большинстве случаев борозды имеют прямоугольное сечение. Иногда применяют треугольные в поперечном сечении борозды, а также – линейно-точечный способ (так называемая «пунктирная борозда»).

Пунктирная борозда имеет меньшую достоверность по сравнению с бороздой правильного сечения, но вполне достаточную для полезных ископаемых с равномерным распределением минералов. Материал в пробу берется из отдельных точек на расстоянии 2-3 см кусочками размером 1-2 см. Масса материала с 1 м борозды чаще составляет 1-1,5 кг. При ручном отборе бороздовых проб из-за трещиноватости руд, различия свойств минералов (твердость, хрупкость) трудно сохранить правильное сечение борозды, что может привести к ошибкам в опробовании. Бороздовые пробы должны во всех случаях ориентироваться в направлении максимальной изменчивости свойств полезного ископаемого, которые часто совпадают с мощностью залежей.

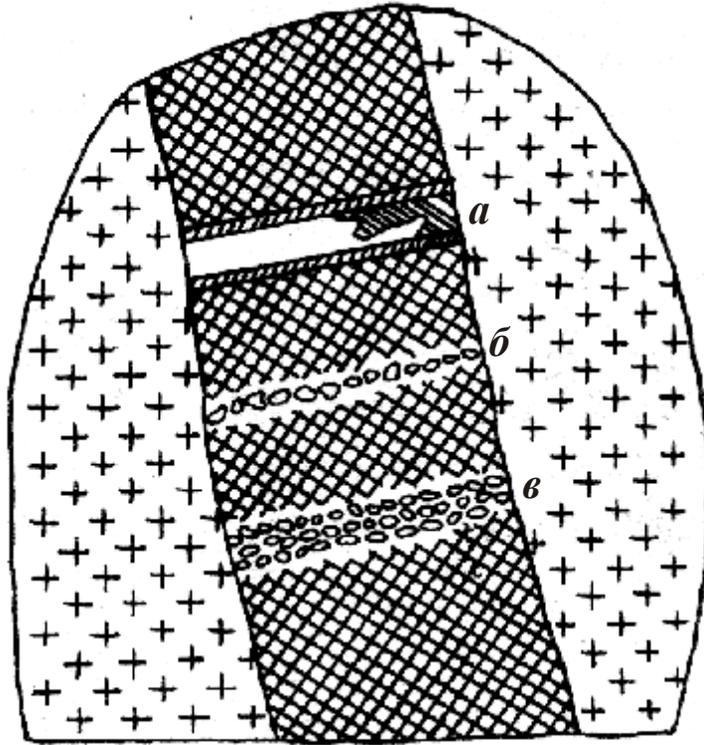


Рис. 8.1. Бороздовая проба:
а – правильного сечений; *б* – пунктирная; *в* – объемная

Объемная борозда не имеет строго определенного сечения название её связано с тем, что с каждой единицы длины пробы берется равный объем материала, например с каждых 10 см берется 100-300 см³ руды. Принятый объем строго соблюдается мерным сосудом с водой. Способ обладает высокой производительностью, но не пригоден в случае растворимых руд или руд с глинистыми минералами.

Рекомендуемые поперечные сечения прямоугольных борозд в зависимости от степени неравномерности оруденения и мощности рудных тел (табл. 8.1.).

На практике крутопадающие залежи (рудные тела) опробуются горизонтальными бороздами, а пологопадающие – вертикальными (рис. 8.2). На месторождениях, содержащих руды с полосчатой, слоистой текстурами, когда целесообразна селективная выемка частей рудного тела, и когда рудные тела имеют значительную мощность, производится секционное опробование (рис. 8.3, 8.4).

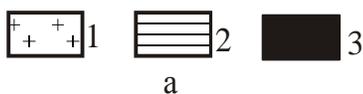
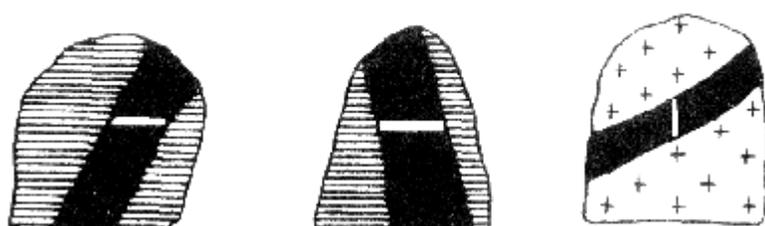
Порядок опробования, длина проб (секций) регламентируется "Требованиями к обоснованию достоверности опробования рудных месторождений".

Правильно расположенные и качественно отобранные бороздовые пробы дают вполне достоверные результаты.

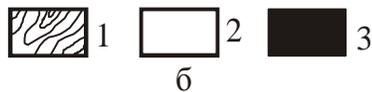
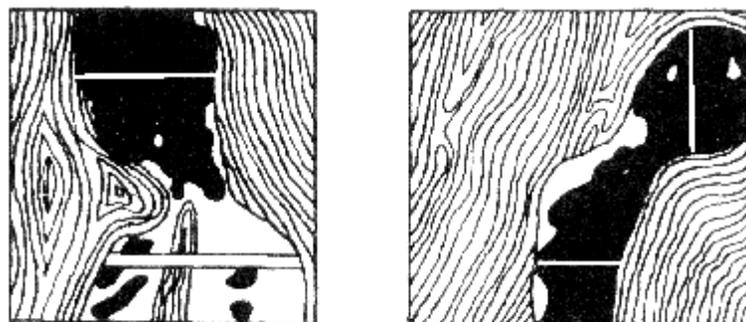
Таблица 8.1.

Поперечные сечения прямоугольных борозд (в см)

Распределение компонентов	Мощность рудных тел, м		
	больше 2,5-2,0	от 2,5-2,0 до 0,8-0,5	меньше 0,5
Равномерное	5x2	6x2	10x2
Неравномерное	8x2,5	9x2,5	10x2,5
Очень неравномерное и крайне неравномерное	8x3	10x3	12x3



а



б

Рис. 8.2. Расположение борозд в забоях горизонтальных горных выработок:
а – Алтайское мышьяковое месторождение (1 – монзонит, 2 – роговики, 3 – сульфидные руды); *б* – Раздольнинское сурьмяное месторождение (1 – филлиты, 2 – кварц, антимонит и бертьерит).

Бороздовый способ отбора проб приемлем почти для всех коренных, а также многих россыпных месторождений, но неприемлем для опробования

руд, имеющих брекчиевидные, шлировые, пятнистые текстуры, на месторождениях драгоценных камней и др. К недостаткам борздового способа относится низкая производительность (ручной способ отбора проб).

При равномерном распределении содержаний полезных компонентов в руде (коэффициент вариации до 100 %), опробование может проводиться не сплошной борздой, а линейно-точечным способом ("пунктирной борздой").

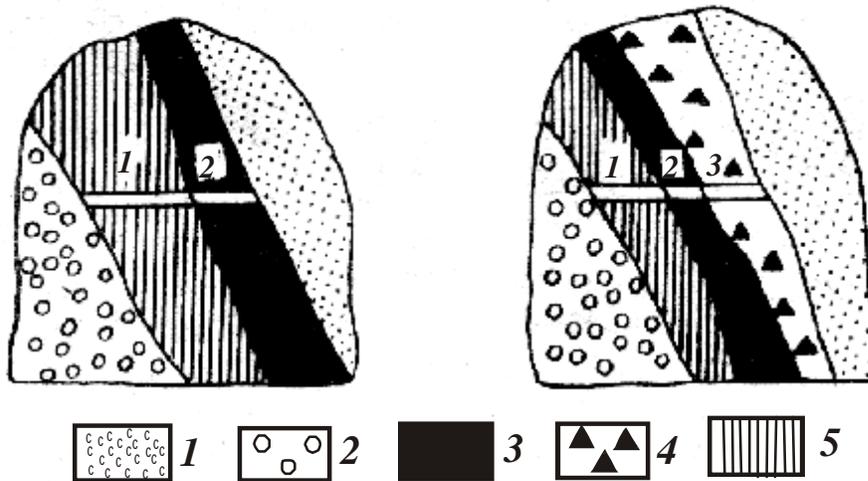


Рис. 8.3. Секционное опробование на месторождении никель-кобальтовых руд: 1 – песчаники; 2 – полиметаллические скарны; 3 - сплошные сульфидные никель-кобальтовые руды; 4 – брекчированные руды; 5 – карбонатная метасоматическая порода с вкрапленностью и прожилками сульфидов.



Рис. 8.4. Расположение секционной борзды на стенке орта, пересекающего мощной рудное тело

Шпуровой способ. При шпуровом способе опробования материалом пробы служит буровая пыль, получаемая при бурении шпуров с продувкой, или шлам – при бурении с промывкой. Шпуровой способ наиболее эффективен для взятия проб в рудных телах большой мощности, которые не вскрываются полностью горными выработками. Шпуры, как и борзды, располагают в направлении наибольшей изменчивости оруденения. Глубина шпуров при бурении обычными перфораторами 7-8 м, колонковыми перфораторами – 50

и более метров. Достоинства шпурового способа заключаются в том, что пробы отбираются попутно с бурением шпуров для проходки выработок и не требуется дополнительных затрат на отбор проб. Основным недостатком шпурового способа состоит в том, что по материалу трудно, а иногда невозможно, определить границы рудного тела, его строение, контуры природных типов и промышленных сортов руд. Нельзя применять шпуровой способ для опробования рудных тел малой мощности из-за сильного ее искажения.

Отбор проб при колонковом бурении. Данный вид опробования является одним из наиболее распространенных. Материалом пробы служит керн, керн и шлам или только шлам. Наиболее достоверные результаты получают при взятии проб из керна. Достоверность опробования по керну зависит от полноты его выхода и степени неравномерности минералов в руде. Особенно влияет на точность результатов избирательное истирание керна, когда хрупкие или мягкие рудные минералы, особенно слагающие прожилки или цемент брекчий, разрушаются и выносятся в виде буровой мути, что резко искажает состав руды и керовой пробы. Избирательно истирание керна происходит на месторождениях молибдена, ртути, сурьмы, углей, вызывая систематические погрешности опробования. Пробы из керна отбирают при выходе его более 70 %. Керн может использоваться для химического, геохимического, минералогического и технологического опробования. В рядовую (секционную) пробу берется половина, реже четвертая часть или весь керн. Половинки керна получают раскалыванием его не керноколе (или распиловкой) вдоль оси. Оставшаяся от химического опробования часть керна используется для минералогического изучения руд и сохраняется как дубликат.

К взятию проб из шлама при колонковом бурении прибегают редко – при низком выходе или потере керна. В этом случае принимают меры к полному улавливанию шлама. Иногда для опробования используют и керн, и шлам одновременно. При этом в пределах интервала керн и шлам собирают в отдельные пробы и анализируют.

Для повышения достоверности опробования при низком выходе керна применяются геофизические методы (каротаж скважин), которые позволяют уточнить положение и контакты рудного тела, а иногда и состав руды.

8.4. Факторы, определяющие выбор способа отбора проб

Выбор способа отбора проб зависит от задач опробования, особенностей строения тел полезных ископаемых и физико-механических свойств полезных ископаемых и вмещающих пород. Во всех случаях он должен обеспечивать надежность результатов опробования и оперативность пробоотбора. Для рядового опробования этим условиям отвечают линейные способы пробоотбора. Ведущим способом пробоотбора в горных выработках является бороздовый, а при опробовании скважин колонкового бурения отбираются керовые

пробы. Для изучения технических свойств пород и полезных ископаемых часто отбираются штуфные пробы, для контроля рядового опробования - задирковые, а для технологических свойств - валовые пробы.

Главными параметрами пробоотбора являются:

- геометрия проб - их поперечные сечения, длины интервалов (или секций), а в некоторых случаях - массы исходных проб;
- расстояния между пробами (шаг опробования);
- оптимальное число проб на оцениваемый объем недр.

На выбор поперечных сечений проб оказывают влияние физические свойства полезных ископаемых, текстурно-структурные особенности, распределение ценных компонентов и др. Вопрос о выборе поперечного сечения борозд должен решаться на каждом месторождении экспериментальным путем.

Длины отдельных интервалов опробования не должны превышать установленных кондициями минимальных (рабочих) мощностей рудных тел и максимально допустимых прослоев пустых пород, включаемых в балансовый контур.

Массы проб устанавливаются обычно как функции их геометрических форм и размеров. Только при опробовании особо ценных видов полезных ископаемых (алмаза, золота и др.), содержания которых измеряются миллионными (и менее) долями процента от их общей массы, появляется необходимость самостоятельного расчета критических масс (объемов) проб.

Необходимость выбора шага опробования возникает только при разведке полезных ископаемых прослеживающими выработками (траншеями, штреками, восстающими), а в остальных случаях расстояния между пробами определяются густотой разведочной сети.

Оптимальное число проб на оцениваемый объем недр определяется статистической обработкой экспериментальных данных. Примерный расчет оптимального числа проб (n) производится по формуле

$$n = \left(\frac{tV}{p}\right)^2,$$

где n - оптимальное число проб на оцениваемый объем недр, обеспечивающее погрешность оценки среднего содержания не более $\pm p$ при доверительной вероятности, определяемой коэффициентом t ; V - коэффициент вариации содержаний.

ЛЕКЦИЯ 9

План лекции

1. **Обработка проб.**
2. **Геологический контроль опробования.**
3. **Оценка достоверности геологического опробования горных выработок и скважин.**
4. **Контроль качества обработки проб.**
5. **Методы лабораторных исследований.**
6. **Методы геологического контроля аналитической работы.**

9.1. Обработка проб

Необходимость в обработке проб возникает в связи с тем, что их массы во много раз превышают навески, необходимые для проведения анализов. Однако при сокращении объемов начальных проб не должно нарушаться условие представительности навесок относительно исходных масс.

Ричардс, используя данные практики, установил, что представительность пробы сохраняется, если ее масса изменяется пропорционально квадрату максимальных частиц. Г.О. Чечетт выразил эту зависимость формулой:

$$Q = kd^2,$$

где Q - надежная масса сокращенной пробы, кг; d - диаметр максимальных частиц, мм; k - коэффициент, зависящий от свойств полезного ископаемого. Значения коэффициентов k , рекомендуемые для различных типов руд, приведены в таблице 9.1.

Процесс обработки включает последовательные операции дробления и измельчения, грохочения и просеивания, перемешивания и сокращения, составляющие стадию. Формула Чечетта дает возможность установить порядок выполнения отдельных операций по приготовлению проб и закрепить его в виде графической схемы. Обработка проб ведется обычно в три стадии (рис. 9.1).

На первой стадии материал пробы подвергается *крупному дроблению* (до 10 мм). Для этого используют лабораторные щековые дробилки 58-ДР и 40-ДР. На второй стадии проводят мелкие *измельченные* пробы до диаметра частиц 4-1,5 мм на валковой дробилке типа 59-ДР. В завершающую стадию осуществляют *тонкое измельчение (истирание)* до 0,07 мм (в случае большой

Используют также стержневые мельницы и механические истиратели. При грохочении и просеивании происходит разделение частиц пробы по классам крупности. Перед дроблением и измельчением, чтобы не дробить лишнего, проводят вспомогательное грохочение: отделяют более мелкие классы и направляют их на следующую операцию. Это повышает производительность дробления и дает возможность избежать переизмельчения пробы. После этих операций проводят контрольное просеивание, которое позволяет контролировать максимальный размер частиц после дробления. Крупная фракция, не прошедшая через сито, снова направляется в дробилку. Перемешивание материала производят после дробления, если намечается сокращение пробы. Цель перемешивания - получение однородного материала пробы и устранение роли сегрегации материала по плотности и размеру частиц.

Определив надежную массу пробы по формуле $Q = kd^2$, проводят ее сокращение, предварительно подвергнув пробу перемешиванию. Пробу можно сокращать, если левая часть уравнения (Q) вдвое (или в несколько раз) больше правой части (kd^2). Перемешивание большеобъемной пробы осуществляется путем перелопачивания ее материала на горизонтальной площадке. Смешение пробы небольшой массы выполняют способом "кольца и конуса". Сокращение пробы производят квартованием или на желобковом (струйчатом) делителе. При установлении схемы необходимо учитывать конкретные условия: наличие определенной измельчительной аппаратуры, имеющихся сит, производительность обработки пробы и др.

9.2. Геологический контроль опробования

Систематический контроль опробования состоит:

- в определении правильности отбора проб (взятие проб относительно элементов залегания рудного тела, полноты опробования по мощности, выдержанности параметров (сечение борозды), соответствие фактической массы пробы теоретической;
- в отборе в горных выработках сопряженных проб в количестве не менее 5 % от общего числа рядовых проб;
- в проверке точности маркировки и правильности ведения документации (журнал опробования и др.);
- в оценке сохранности проб в процессе их транспортировки до лаборатории.

Контроль должен быть отражен в соответствующих актах.

При оперативном контроле отбора проб – не менее 5 % всех проб подвергается контролю: фактические и расчетные массы всех сравниваемых проб вносятся в журнал опробования. Случайные отклонения фактической и расчетной массы проб не должны превышать 20 %.

9.3. Оценка достоверности геологического опробования горных выработок и скважин

Основным геологическим способом опробования рудных тел полезных ископаемых в горных выработках является бороздовый, а при равномерном распределении содержаний полезных компонентов в руде - точечный и линейно-точечный ("пунктирная борозда"). Достоверность бороздового, точечного и линейно-точечного опробования контролируется валовыми и задирьковыми пробами. На месторождениях с равномерным и неравномерным распределением содержаний полезных компонентов (V до 100%) должно контролироваться не менее 30 рядовых проб, а на месторождениях с большей неравномерностью - не менее 50.

Достоверность геологического опробования скважин оценивается прямым и косвенными методами. К прямым методам заверки относятся:

- контроль данных анализов керновых проб результатами геофизического опробования скважин (при доказанной достоверности геофизического опробования);
- заверка данных буровых скважин бороздовым или валовым (реже задирковым) опробованием горных выработок, пройденных по стволам контролируемых скважин;
- контроль опробования скважин колонкового бурения отбором керновых проб из скважин большого диаметра, которые бурятся по стволам или вблизи (3-5 м) контролируемых;
- сопоставлением данных опробования керна при его различном выходе с результатами опробования шлама и мути, отработанных с того же интервала.

Если перечисленные способы заверки по каким-либо причинам невозможны, данные кернового опробования допустимо заверять результатами ударно-канатного бурения (УКБ) при условии установления их достоверности.

Для оценки достоверности опробования скважин УКБ (в частности при разведке россыпей) проводятся специальные заверочные работы: проходка по ним контрольных шурфов или бурение скважин большого диаметра - 500 мм и больше (шурфоскважины), проходка рассечек из шурфов (шахт) в створе скважин УКБ или в непосредственной близости (3-5 м), а также - траншей по разведочным линиям скважин. Количество контрольных выработок должно составлять 5-10 % от числа скважин, расположенных в контуре балансовых запасов россыпи, но не менее 20. При большом количестве пробуренных скважин - 50 выработок. В исключительных случаях, когда проходка контрольных горных выработок или скважин большого диаметра невозможна, в целях контроля допускается бурение кустов скважин УКБ ("строенных ли-

ний"), причем контрольные скважины (линии) располагаются вблизи контролируемых. В этих случаях сопоставляются данные опробования не отдельных выработок, а геологические разрезы в целом, составленные раздельно по основным и контрольным скважинам.

При проведении опробования возникают разнообразные технические погрешности, которые делятся на случайные и систематические. Случайные погрешности в каждой отдельной пробе имеют свой знак и величину. Они возникают по многим причинам и неустранимы по своей природе. Однако при вычислении средних содержаний случайные погрешности в отдельных пробах взаимно компенсируются и их влияние на среднее не велико. Систематические погрешности в отличие от случайных постоянны по знаку и величине в каждой отдельной пробе, что вносит существенную ошибку в подсчет запасов.

Выявление случайных погрешностей опробования осуществляется путем повторения опробования при условии равнозначности наблюдений: бороздую пробу контролируют рядом расположенной бороздой того же сечения; пробу из половины керна контролируют другой половиной и т.д.

Обработка основных и контрольных проб ведется по одной схеме. Анализ проб должен выполняться в одной лаборатории, желательно в одно время одним и тем же исполнителем. При соблюдении этих условий серия из 20-30 основных и контрольных проб дает возможность определить случайную погрешность опробования.

Статистическая значимость систематического расхождения оценивается по t-характеристике (распределение Стьюдента) для доверительной вероятности 0,95. Если оцениваемый способ опробования характеризуется наличием систематической погрешности, необходимо обосновать достоверность другого способа. При вынужденном использовании в подсчете запасов результатов опробования, содержащих систематическую погрешность, следует оценить ее влияние на запасы руды, запасы и содержание полезных компонентов и разработать механизм корректировки искаженных данных при подсчете запасов путем введения соответствующих поправочных коэффициентов.

9.4. Контроль качества обработки проб

Из-за несоответствия схемы обработки проб особенностям распределения в пробах полезного компонента, а также в связи с возможностью избирательного выноса измельчаемых частиц вытяжной вентиляцией и загрязнением обрабатываемого материала остатками предыдущих проб, необходим контроль качества обработки проб.

Для выявления *случайной* погрешности проводится экспериментальная обработка 30-50 проб. Каждая из них измельчается до крупности, предусмотр-

ренной схемой обработки для 1-й стадии дробления. Измельченный материал перемешивается и сокращается вдвое. Каждая из этих частей обрабатывается как самостоятельная проба по принятой схеме. Результаты анализов по каждой паре сводятся в таблицу (определяется среднеквадратичная погрешность) содержания основных компонентов. Если средняя относительная погрешность обработки и анализа не превышает 15-20%, точность обработки считается достаточной. При большей погрешности следует изменить схему обработки проб (увеличить коэффициент K) и проверить ее новыми испытаниями.

Систематическая погрешность обработки проб выявляется сопоставлением средних содержаний полезных компонентов в пробах и в материале отходов обработки проб:

- сравнение результатов анализов основной пробы и материала, полученного после первой стадии сокращения;
- то же и частных проб, полученных из материала на каждой стадии обработки;
- то же и первой и последней стадий.

Для полезного ископаемого со сравнительно равномерным распределением содержания допустим следующий вариант: остатки сокращения 40-50 рядовых проб объединяются в одну пробу. Результаты анализов контролируемых проб и данные по контрольной (объединенной) пробе сравниваются.

Статистические сопоставления результатов экспериментальных исследований выполняется по той же методике, что и для внешнего геологического контроля работы химической лаборатории.

Необходим контроль за проборазделкой (сокращением проб), вытяжной вентиляцией, засорением материала остатками проб и т.д. Правильность сокращения проверяется контрольным взвешиванием сокращенной пробы и сопоставлением ее расчетной и фактической массы. Для оценки вытяжной вентиляции – не реже одного раза в квартал – сбор в течение смены и анализ пыли, с одновременной фиксацией номеров и массы обработанных за смену проб. Сравнение этих данных позволяет определить погрешность. Для оценки возможности засорения обрабатываемых проб остатками ранее обработанных – пропускается через неочищенное оборудование материал, не содержащий анализируемых компонентов, который затем направляется на анализ.

9.5. Методы лабораторных исследований

Лабораторные исследования являются обязательной и важной составной частью комплекса геологоразведочных работ на всех стадиях их проведения. В практике геологоразведочных работ для различных видов полезных ископаемых применяются: спектральный анализ, спектрозолотометрия, химический анализ, пробирный анализ, минералогический анализ, минераграфические и петрографические исследования и др. При выполнении в лаборатори-

ях анализов и исследований для обеспечения их качества, отвечающего установленным требованиям, проводится контроль:

- геологический (внутренний, внешний, арбитраж);
- лабораторный (спектральный контроль воспроизводимости, внутри лабораторный контроль правильности, внешний и арбитраж).

9.5.1. Спектральные анализы

Спектральные методы анализа широко применяются в геологоразведочной отрасли для определения химического состава горных пород, руд, природных вод и других полезных ископаемых.

Спектральные приборы обладают высокой разрешающей способностью, что дает возможность одновременно определять широкий круг элементов и позволяет вести анализ, в зависимости от решаемых задач, на двух уровнях – полуколичественном и количественном. Предварительное выполнение спектральных *полуколичественных анализов* проб, отобранных при геологоразведочных работах позволяет резко сократить число проб, направляемых на количественные химические анализы, что значительно ускоряет сроки и сокращает стоимость лабораторных исследований. Для *количественного анализа* каждая проба сжигается два или более раз, согласно требованиям методик. Количественный спектральный анализ может потребовать предварительной химической подготовки проб, что в ряде случаев обеспечивает значительно большую воспроизводимость результатов.

9.5.2. Химические анализы

Для выполнения количественных химических анализов полезных ископаемых и горных работ организуются специализированные химико-аналитические лаборатории. Широкий круг определяемых элементов требуют систематического проведения методических работ, внедрение новых методов анализа (или улучшения существующих). Внедрение новой аппаратуры и новой техники выполнения анализов.

9.5.3. Пробирный анализ

При поиске и разведке месторождений благородных металлов возникает необходимость анализировать большое количество проб на содержание в

них золота, серебра и металлов платиновой группы. Одним из наиболее распространенных и точных методов для этих целей является пробирный анализ, который представляет комбинирование химических и металлургических операций в определенной последовательности. Выбор схемы пробирного анализа определяется минералогическим и вещественным составом минерального сырья. Схема может включать основные операции – шихтовку, восстановительную плавку, купелирование, разваривание, обжиг, выщелачивание, квартование и др.

По степени влияния на технологию пробионного анализа компоненты руд можно разделить на две категории – упорные и неупорные. К *упорным компонентам* относятся химические соединения, обладающие высокой растворимостью благородных металлов или активно проявляющие окислительно-восстановительные свойства в процессе плавки. Это соединения металлов с серой, сурьмой, мышьяком, окислы тяжелых цветных металлов и пр. *Неупорные компоненты* – это оксиды щелочных, щелочно-земельных, легких металлов, карбонаты, фториды и пр.

9.5.4. Минералогические анализы и исследования

Минералогические исследования являются важнейшей составной частью всего комплекса геологопоисковых и разведочных работ. При минералогических анализах и исследованиях определяется минералогический состав шлихов и проб рыхлых и дробленных пород, руд, продуктов обогащения, других видов минерального сырья. Проведение минералогических исследований является одним из основных методов изучения месторождений полезных ископаемых. Во многих случаях данные минералогических анализов используются при подсчете запасов полезных ископаемых.

В задачу минералогических исследований входят: установление формулы, строения, физических и оптических свойств, химического состава минералов, составляющих различные фракции пробы (магнитные, электромагнитные, немагнитные, легкие и т.п.) и количественных соотношений минералов во фракциях и пробе.

9.5.5. Минералого-петрографические исследования

Минералогические исследования используются для установления закономерностей физико-химических условий рудообразования, истории формирования месторождения и особенностей распределения в рудах полезных компонентов. В задачу исследования входит определение минералогического

состава руд, парагенетических ассоциаций, оптических и некоторых других физических свойств минералов, размеров выделений, структур и текстур.

Минералого-петрографические исследования (минералогические, петрографические, углепетрографические и литологические) проводятся с целью повышения оперативности проводимых геологических исследований.

Минералогические-петрографические исследования проводят путем изучения прозрачных и полированных шлифов, брикетов, изготовление которых проводится в шлифовальной мастерской.

9.6. Методы геологического контроля аналитической работы

Геологический контроль подразделяется на три вида: внутренний, внешний и арбитражный

Внутренний контроль предназначен для определения фактических величин *случайных погрешностей* рядовых анализов, которые регламентируются Инструкциями ГКЗ по применению классификации запасов в месторождениях различных видов минерального сырья. Внутренний контроль осуществляется путем анализа зашифрованных контрольных проб в той же лаборатории, которая выполняет рядовые анализы. Контрольные пробы отбираются от дубликатов проб, они должны быть равномерно распределены по сортам и типам руд.

Данные контроля обрабатываются за год, полугодие или квартал.

Пробы делятся по содержанию компонентов на классы в соответствии с Инструкциями ГКЗ. Результаты контроля обрабатываются по каждому классу отдельно. Пробы делятся на классы содержаний по результатам основных анализов. Число контрольных анализов по каждому классу содержаний должно быть не менее 30. По результатам основных (рядовых) и соответствующих им контрольных анализов в каждом классе вычисляют среднеквадратичную погрешность; затем вычисляют относительную среднеквадратичную погрешность (в %), которая не должна превышать предельных значений, указанных в Инструкции ГКЗ.

В противном случае результаты анализов для данного класса бракуются, и все пробы этого класса подлежат повторному анализу с выполнением внутреннего геологического контроля. Если выделенные на месторождениях классы отличаются от классов, указанных в Инструкции ГКЗ, то величины предельных значений относительных среднеквадратичных погрешностей находят интерполяцией. Кроме этого, **в обязательном** подвергаются внутреннему геологическому контролю все анализы, показавшие аномально **высокие** содержания (ураганные пробы).

Внешний контроль – выявляются и оцениваются *систематические погрешности* анализов основной лаборатории путем выполнения анализов дубликатов проб в контролирующих лабораториях. На внешний геологический

контроль направляются пробы, прошедшие внутренний геологический контроль. Из партии исключаются пробы, в которых содержание компонента по данным рядового и контрольного определений различаются более, чем на $3S$ (S - относительная среднеквадратичная погрешность). Результаты рядовых анализов не сообщают контролирующей лаборатории, но обязательно сообщают метод анализа, минералогическую характеристику проб. Данные внешнего контроля обрабатываются для каждого класса по 30 пробам (не менее) и вычисляют значение систематического расхождения.

Внешний контроль можно осуществить с помощью стандартных образцов состава (СОС) аналогичных исследуемым пробам, которые в зашифрованном виде включаются в партию проб, направляемых на анализ в основную лабораторию.

Арбитражный контроль в отличие от внутреннего и внешнего геологического контроля, выполняют в том случае, когда по материалам внешнего контроля выявляются *систематические расхождения между результатами основной и контролирующей лабораторией*. Для арбитражного контроля используются дубликаты рядовых проб, для которых имеются результаты рядовых и внешних контрольных анализов. На арбитражный анализ направляется 30-40 проб по каждому классу содержаний, по которому выявлены систематические расхождения. Арбитражный анализ выполняется определенными (утвержденными) лабораториями. Если внешний контроль осуществлялся с использованием СОС, то их также следует включить в зашифрованном виде в партию проб, сдаваемых на арбитраж, в количестве 10-15 проб. Результаты анализов арбитражного контроля сравниваются с результатами основного и внешнего контроля. Методика выявления систематических расхождений та же, что и при обработке данных внешнего контроля. Данные арбитражного анализа принимаются за истинные.

ЛЕКЦИЯ 10

План лекции

1. Методы разведки.
2. Технические средства разведки:
 - горные разведочные выработки
 - буровые разведочные скважины
 - геофизические методы

10.1. Методы разведки

Объектом геологического изучения при разведочных работах является закрепленная лицензией в виде горного отвода часть недр, включающая пол-

ностью или частично месторождение полезных ископаемых с оцененными запасами.

По целям и совокупности основных решаемых задач разведочные работы стадии 4 (Разведка месторождения) подразделяются на:

- осуществляемые с целью получения информации для проектирования строительства или реконструкции горнодобывающего предприятия;
- проводимые в процессе освоения месторождения с целью расширения и укрепления минерально-сырьевой базы действующего горного предприятия (доразведка месторождения).

Целью разведки является изучение геологического строения, технологических свойств полезного ископаемого, гидрогеологических и инженерно-геологических условий отработки месторождения. По результатам разведки разрабатываются кондиции, производится подсчет запасов (в зависимости от сложности геологического строения месторождений) категорий A , B , C_1 и C_2 и осуществляется геолого-экономическая оценка в виде технико-экономического обоснования (ТЭО) промышленного значения месторождения.

Методами разведки месторождения являются:

- разведочные разрезы;
- опробование;
- оценочные сопоставления.

С помощью *геологических разрезов* выясняются формы тел, их размеры и, таким образом решается первая основная задача разведочных работ - определение количества полезного ископаемого. Разрезы позволяют выяснить внутреннее строение и условия залегания тел полезных ископаемых. В зависимости от природы месторождения и применяемых технических средств разведки разрезы могут быть вертикальными, горизонтальными и комбинированными.

Вторая задача - определение качества полезного ископаемого - решается *опробованием*. Под опробованием понимается весь комплекс работ, связанный с определением качества полезного ископаемого, независимо от того, каким образом отбираются и обрабатываются пробы или как определяется качество руды.

Третья задача разведки - оценка месторождения - решается методом *оценочных сопоставлений*. Оценка сопутствует процессу разведочных работ. Каждый новый материал, полученный от проходки новых выработок (скважин), подвергается оценке - сравнению с данными ранее пройденных выработок (скважин) и с требованиями к качеству минерального сырья. А данные по всему месторождению сравниваются с данными по другим месторождениям, разведанным или эксплуатируемым. На основании оценочных сопоставлений решается вопрос о промышленном значении месторождения.

Таким образом, сущность разведочного процесса состоит в создании системы разведочных разрезов, опробовании тел полезных ископаемых и в

выполнении оценочных сопоставлений как по данным отдельных разведочных выработок (скважин), так и по результатам разведки в целом.

Решение указанных частных задач требует применения определенных технических средств разведки.

10.2. Технические средства разведки

Все средства разведки можно разделить на три различных по методическим основам и оснащению вида:

- горные разведочные выработки;
- буровые разведочные скважины;
- геофизические методы.

Горные разведочные выработки. Для разведочных целей используются почти все виды горных выработок: расчистки, канавы (траншеи), шурфы (дудки), шахты, штольни и не выходящие на земную поверхность: квершлагги, штреки, орты (рассечки), а также - восстающие.

Изучение полезного ископаемого с помощью подземных горных выработок дает наиболее достоверные результаты, однако организационно горно-разведочные выработки гораздо сложнее других видов и средств разведки и требуют больших затрат материальных средств и времени. Поэтому в процессе разведки нужно проходить минимум горных выработок, шире применять бурение и геофизические методы исследований.

Буровые разведочные скважины. При разведке месторождений полезных ископаемых бурение скважин является наиболее распространенным средством разведки. Буровые разведочные скважины применяются либо в сочетании с горно-разведочными выработками, либо самостоятельно. Давая ограниченную информацию по сравнению с горными выработками, буровые скважины отличаются мобильностью, быстротой бурения, относительно невысокими расходами. Поэтому бурение приобретает все большее значение при разведке месторождений. Применяется несколько видов буровых работ.

Колонковое бурение - наиболее распространенный вид буровых разведочных работ. Это вращательное механическое бурение кольцевым забоем твердосплавными, алмазными и дробовыми коронками. Главными преимуществами колонкового бурения являются: 1) возможность бурения вертикальных, наклонных и горизонтальных скважин; 2) получение керна - фактического каменного материала, характеризующего полезное ископаемое и геологический разрез. Кроме того, возможно многоствольное бурение путем принудительного искривления ствола скважины на определенных глубинах, что обеспечивает получение нескольких разведочных пересечений из одного пункта на поверхности. Наиболее распространенными в практике разведочных работ являются как самоходные, так и стационарные буровые установки,

а также буровые станки различного назначения с глубинами бурения от 25 до 1200 м.

Ударно-канатное бурение на разведочных работах, особенно при разведке россыпей, пологозалегающих рудных тел, штокверков, применяется достаточно широко. Достоинством этого вида бурения является высокая скорость проходки, получение большого количества материала в пробу (за счет больших диаметров бурения). Возможность бурения только вертикальных скважин ограничивает применение ударно-канатного бурения. Наиболее широким применением на практике пользуются самоходные буровые установки, а также ударно-канатные станки. Обычный диаметр бурения скважин 168-219 мм, глубина бурения от 50 до 300 м.

Кроме колонкового и ударно-канатного применяются другие виды бурения: *ручное ударно-вращательное, шнековое*, для разведки неглубоко (до 10-30 м) залегающих месторождений: кор выветривания, россыпей, строительных материалов и др.

Все виды разведочного бурения оказываются эффективными лишь тогда, когда представляется возможность получить достаточно достоверные данные о геологическом разрезе и качестве полезного ископаемого.

Геофизические методы. Геофизические методы исследований широко используются при разведке месторождений для: - изучения разрезов и опробования полезных ископаемых;

- выявления рудовмещающих структур и залежей полезных ископаемых, повышения качества геологических, гидрогеологических и инженерно-геологических сведений.

Картаж скважин проводится для литологического расчленения разреза, уточнение мощностей и положения контактов, разновидностей пород, зон оруденения, тектонических нарушений и др.

Кроме того, методы скважинной геофизики применяются при гидрогеологических и инженерно-геологических исследованиях. Наиболее широко распространены электрические, ядерно-физические и магнитные методы каротажа: самопроизвольной поляризации (ПС), кажущихся сопротивлений (КС), вызванной поляризации (ВП), гамма-каротажа (ГК), плотностного гамма-каротажа (ГГК-С), нейтронного каротажа (НК-Н, НК-Т, НТК-С и др.) магнитного каротажа (МК).

Геофизические методы, предназначенные для контроля технического состояния скважин, включают в себя *инклинометрию и кавернометрию*. С помощью *инклинометрии* скважин определяются углы отклонения оси скважин от вертикали (зенитное искривление) и от плоскости геологического разреза (азимутальное искривление). В скважинах, пробуренных в породах с повышенной магнитной восприимчивостью, измерения проводятся гироскопическими инклинометрами. *Кавернометрия* проводится специальными кавернометрами для определения фактических диаметров скважин, изменение которых связано с обрушением их стенок на участках неустойчивых пород (пески, тектонические зоны и др.).

ЛЕКЦИЯ 11

План лекции

1. Характер и степень изменчивости свойств месторождений полезных ископаемых.
2. Количественные характеристики основных свойств оруденения (коэффициент рудоносности, показатель сложности, коэффициент вариации мощности и содержания).
3. Системы разведочных работ
4. Группа буровых систем
5. Группа горных систем
6. Группа горно-буровых систем

11.1. Характер и степень изменчивости свойств МПИ

Форма и размеры рудных тел, элементы их залегания, качественная характеристика полезного ископаемого и другие показатели в различных частях месторождения могут принимать разные значения, обусловленные теми или иными геологическими причинами. В понятии «изменчивость» показателя признака следует различать ее характер и степень, или интенсивность.

Под характером изменчивости понимается общая тенденция изменений признака: возрастающая или убывающая, волнообразная и скачкообразная. Степень изменчивости обычно характеризуется размахом колебаний. Обе эти составляющие изменчивости имеют большое значение для методики разведки, т.к., чем больше изменчивость и чем на меньших интервалах она проявлена, тем больше и чаще необходимо иметь точек наблюдений, чтобы получить правильное представление о характере изменчивости и среднем значении изменяющегося признака. Следовательно, изменчивость основных свойств месторождения предопределяет количество необходимых точек наблюдения и расстояния между ними.

11.2. Количественные характеристики основных свойств оруденения

В качестве основных количественных показателей сложности строения рудных тел используются: коэффициент рудоносности (K_p); показатель сложности (q); и коэффициенты вариации мощности (V_m) и содержания (V_c) в рудных пересечениях (табл.11.1).

Коэффициент рудоносности (K_p) обычно выражается как отношение линейных величин - длины рудных интервалов по скважинам или горным вы-

работкам (l_p) к общей длине пересечений в пределах продуктивной зоны (в границах промышленного оруденения - l_o):

$$K_p = \frac{l_p}{l_o},$$

Таблица 11.1
Количественные характеристики основных свойств оруденения

Группы месторождений по сложности геологического строения	Показатели изменчивости объектов разведки			
	Изменчивость формы			Изменчивость содержания
	K_p	q	$V_m, \%$	$V_c, \%$
Вторая группа	0,7-0,9	0,6-0,8	40-100	40-100
Третья группа	0,4-0,7	0,4-0,6	100-150	100-150
Четвертая группа	<0,4	<0,4	>150	>150

Примечание. K_p - коэффициент рудоносности; q - показатель сложности; V_m и V_c - коэффициенты вариации мощности и содержания.

Показатель сложности рассчитывается по отношению числа рудных пересечений (N_p) к сумме всех разведочных пересечений (рудных, безрудных внутриконтурных ($N_в$) и законтурных ($N_з$), обрисовывающих общую границу сложного объекта):

$$q = \frac{N_p}{N_p + N_в + N_з},$$

Коэффициент вариации - наиболее широко используемый в практике геологоразведочных работ количественный показатель сложности (изменчивости) месторождения. В разведочной практике обычно используют

Коэффициент вариации мощности (V_m) и содержания (V_c)

$$V_m = \frac{S_m}{m_{cp}};$$

$$V_c = \frac{S_c}{C_{cp}},$$

где S_m и S_c - соответственно среднеквадратичные отклонения мощности единичных рудных пересечений и содержания в них полезного компонента от их среднеарифметических значений m_{cp} и C_{cp}

Коэффициент корреляции. В практике геологоразведочных работ известны случаи прямой или обратной зависимости различных признаков, например мощности и содержания, двух полезных компонентов, объемной массы руд и содержанием в них полезных компонентов. Для характеристики этой корреляционной связи используется коэффициент корреляции r . Его значения могут изменяться от 0 (связь отсутствует) до 1 (полная связь). Коэффициент корреляции может быть положительным, когда зависимость прямая, и отрицательным, когда зависимость обратная. Для вычисления коэффициента корреляции применяется формула

$$r = \pm \frac{\sum A_x A_y}{\sqrt{\sum A_x^2 \sum A_y^2}},$$

где A_x и A_y - отклонения частных значений измерений от их средней величины для одного и другого параметров.

Корреляционный анализ играет важную роль при подсчете запасов. Например, рассеянные (попутные) элементы не определяются в каждой пробе, а устанавливаются по корреляции с содержанием основного компонента. Корреляционные зависимости используются также для определения объемной массы руды.

11.3. Системы разведочных работ

Под системой разведочных работ понимается такое пространственное размещение разведочных выработок, которое дает возможность построить намеченные разрезы и провести необходимое опробование для подсчета запасов полезного ископаемого. Выделяются три основные группы:

1. Группа буровых систем.
2. Группа горных систем.
3. Группа горно-буровых систем.

На основании анализа более, чем 2000 месторождений твердых полезных ископаемых, установлено, что преобладающими системами разведки (55 %) являются горно-буровые, буровыми системами разведано 33 %, а горными - 12 % всех месторождений.

11.4. Группа буровых систем

Группа буровых систем, являясь самой универсальной и экономичной, обеспечивает получение достаточно полной и представительной разведочной информации на месторождениях 1-й группы сложности. Буровые системы

применяются также для разведки части месторождений 2-й группы - штокверков, массивов вкрапленных руд и строительных камней, россыпных месторождений.

Система вертикальных разрезов *мелкими* вертикальными скважинами применяется для разведки пологих и горизонтальных неглубоко залегающих тел полезных ископаемых: озерно-болотных железных руд, месторождений кор выветривания, глин, песков, сильно обводненных долинных россыпей золота, элювиально-делювиальных россыпей олова, вольфрама и др. Вертикальные буровые скважины располагаются на разведочных линиях, ориентированных поперек рудоносной структуры (долины), изометричные пластообразные месторождения разведуются, как правило, квадратной сетью буровых скважин. Глубина скважин составляет 10-15 м, реже 20-30 м.

Система вертикальных разрезов *глубокими* вертикальными скважинами используется для разведки глубоко залегающих пологих пластообразных тел и месторождений изометричной формы: бокситов, медистых песчаников, штокверковых месторождений цветных и редких металлов, крупных погребенных россыпей, нерудных полезных ископаемых. Расположение скважин производится как и в предыдущей системе, по квадратной (или прямоугольной сети), глубина скважин от 100 до 1000 м и более.

Система вертикальных разрезов *наклонными* скважинами разной глубины применяется при разведке крутопадающих уплощенных тел полезных ископаемых - пластовых, жиллообразных, линзообразных. Бурение наклонных скважин определяется необходимостью увеличения угла встречи (не менее 30°) рудного тела со скважиной. Глубина скважины находится в тех же пределах, как и в предыдущей системе. Наклонные скважины большой глубины часто неэффективны из-за произвольных отклонений от проектного положения.

11.5. Группа горных систем

Горные системы, применяемые для разведки сложных месторождений, имеют ограниченное применение в разведочной практике, прежде всего из-за высокой стоимости горных подземных выработок. Несмотря на то, что горные системы разведки дают наиболее достоверные результаты, их применение ограничивается наиболее сложными месторождениями, когда разведка неизбежно совмещается с проведением эксплуатационно-разведочных работ, подготовкой к отработке или с самой эксплуатацией. Горными системами разведуются небольшие месторождения сложных форм: трубообразные и ветвящиеся залежи, гнездообразные и подобные скопления ценных компонентов (рис. 11.1).

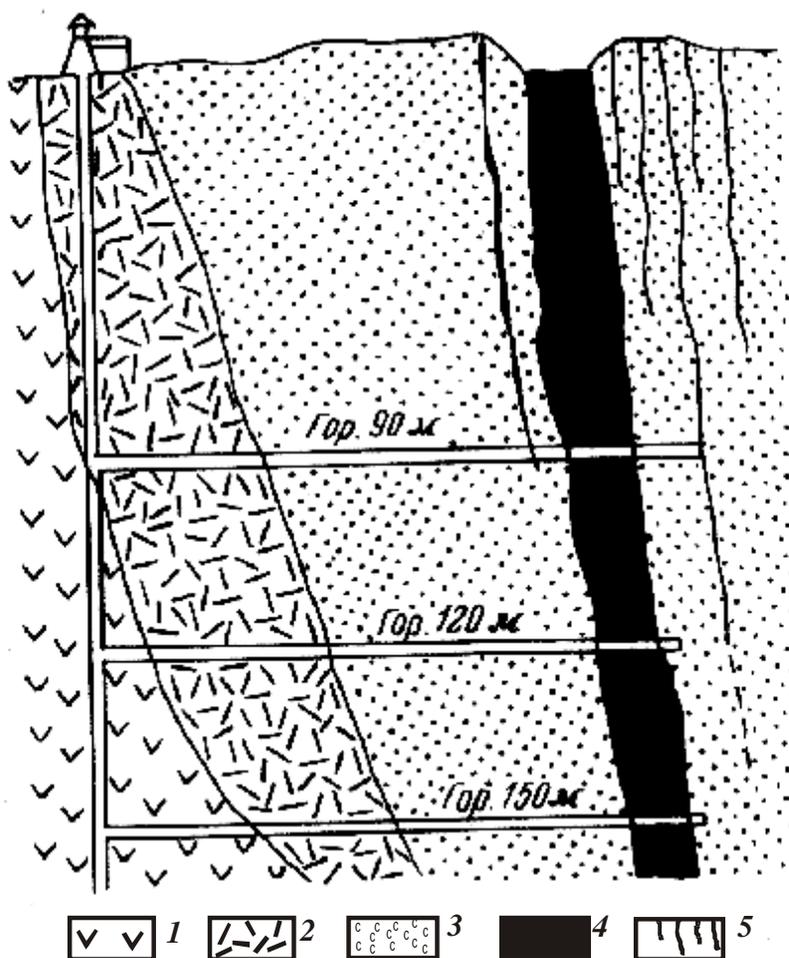


Рис. 11.1. Система разведки шахтой с квершлагами и штреками (разрез месторождения Мойхук, Южная Африка): 1 – нориты; 2 – пироксениты; 3 – оливиновые дуниты; 4 – горнлито-дунитовая «трубка»; 5 – дайка горнлитового дунита.

Прежде всего, это руды золота, кобальта, вольфрама, сурьмы, молибдена, ртути, редких элементов, оптических минералов, драгоценных камней; россыпи алмазов, золота, платины и др.

Система вертикальных разрезов *канавами* возможна, когда полезной ископаемое залегает на поверхности земли в виде рыхлого плащеобразного покрытия и целесообразна для маломощных (3-4 м) россыпей. При системе разведки канавами вся толща разрезается поперечными канавами по разведочным линиям, что позволяет проводить крупнообъемное опробование и получать достоверные сведения, особенно когда концентрации полезного компонента очень малы.

Система вертикальных *шурфов* применяется для разведки пологих близповерхностных залежей, обладающих сильной изменчивостью качества и сложным внутренним строением (месторождения кор выветривания, россыпи и т.п.). Глубина шурфов составляет обычно 15-20 м реже 30 м, часто из шур-

фов проходят рассечки или квершлагги, что позволяет получить вертикальные разведочные разрезы.

Системы разведочных *штолен* применяются в условиях резко расчлененного рельефа местности. Сущность разведки штольнями состоит в создании серии горизонтальных сечений (разрезов) тела полезного ископаемого. Если поперечные разрезы тела полезного ископаемого превышают габариты штольни или если месторождение представлено серией параллельных тел, то из штольни проходятся рассечки - орты до пересечения контакта залежи или продуктивной зоны с вмещающими породами. Расстояние между рассечками зависит от изменчивости оруденения, а расстояние между разведочными штольнями по вертикали зависит от вероятной высоты этажа при будущей эксплуатации месторождения, и принимается, обычно, равной двойной или тройной высоте эксплуатационного этажа.

Система вертикальных и наклонных шахт оказывается рациональной, когда другим, более дешевым путем невозможно разведать месторождение. Сама шахта не является разведочной выработкой, она предназначается лишь для вскрытия месторождения. Основное разведочное назначение выполняют выработки, задаваемые из шахты. Глубины разведочных шахт обычно не превышают 150-200 м, в отдельных случаях - 300 м. Система вертикальных разведочных шахт с квершлаггами достаточно широко распространена в практике (см. рис. 11.1). Система наклонных шахт осуществляется путем проведения последних по направлению падения тела полезного ископаемого. От шахты на различных горизонтах проходятся разведочные подземные выработки.

11.6. Группа горно-буровых систем

Большинство месторождений черных, цветных, редких и драгоценных металлов и многие месторождения неметаллических полезных ископаемых разведываются с помощью буровых и горных разведочных выработок. Горно-буровые разведочные системы, представляющие собой рациональное сочетание тех или иных горных и буровых выработок, наиболее широко распространены в разведочной практике. В зависимости от степени изменчивости свойств полезного ископаемого в одних системах преобладают горные выработки, в других - буровые скважины, при этом отношение горных и буровых выработок (в пог.м.) изменяется от 1:30 до 1:1.

Системы мелких вертикальных скважин с контрольными шурфами применяются для разведки россыпей, месторождений кор выветривания и других, когда буровые скважины не обеспечивают получения надежных результатов из-за значительных погрешностей определения мощностей или содержаний полезных компонентов.

Системы разведочных штолен и буровых скважин чаще всего применяются на месторождениях, погружающихся на значительные глубины, когда

верхняя часть месторождения разведывается штольнями, а нижняя - буровыми скважинами, задаваемых с поверхности или с горизонта штольни (рис. 11.2. *а*).

Система разведочных шахт и буровых скважин, задаваемых как с поверхности (рис. 11.2. *б*), так и из подземных выработок), характерна для разведки уходящих на большие глубины продуктивных зон, рудных тел. Проходка очень глубоких шахт, для разведочных целей слишком высокочатратна, а разведка только буровыми скважинами для многих месторождений ненадежна. Поэтому часто верхняя часть месторождения разведывается системой горных выработок из разведочной шахты, а нижняя - буровыми скважинами.

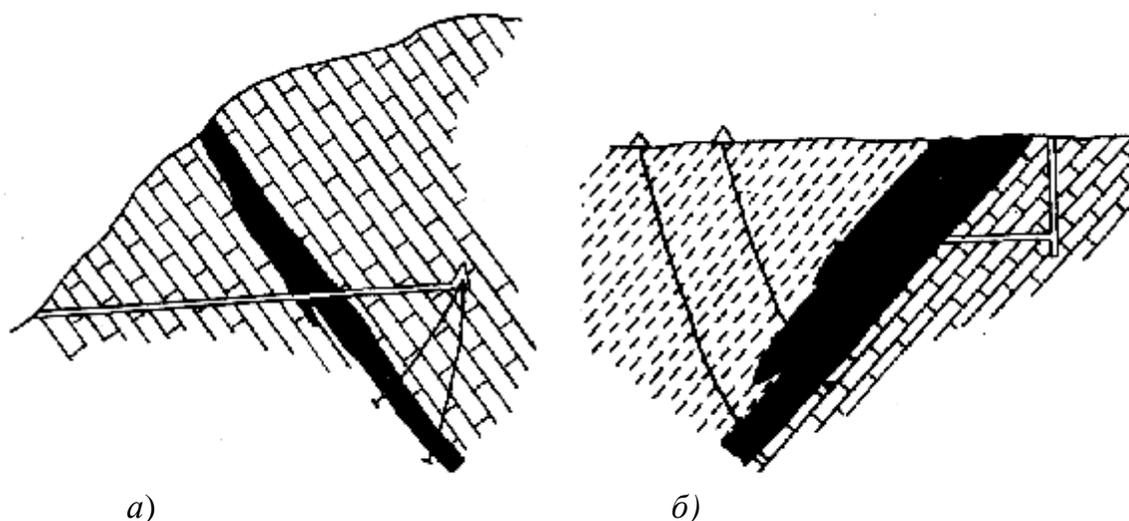


Рис. 11. 2. Сочетание штольни и подземных буровых скважин (*а*) и разведочной шахты с буровыми скважинами (*б*)

Кроме перечисленных, основных систем разведочных работ, существуют различные комбинации подземных горных выработок с буровыми скважинами.

ЛЕКЦИЯ 12

План лекции

1. Плотность разведочной сети и достоверность результатов разведки.
2. Факторы, определяющие выбор системы разведки.
3. Разведочная сеть.
4. Методы определения рациональной разведочной сети.
5. Содержание и порядок проектирования геологоразведочных работ.

12.1. Плотность разведочной сети и достоверность результатов разведки

В зависимости от геологических особенностей месторождения, а так же от решаемых задач применяются те или иные расстояния между разрезами и выработками, определяющие соответствующую плотность разведочной сети. Плотность разведочной сети - это площадь тела полезного ископаемого, приходящаяся на одну разведочную выработку, пересекающее тело (S_o):

$$S_o = \frac{S}{n},$$

где S - площадь тела полезного ископаемого, n - число выработок, пересекающих тело полезного ископаемого.

Плотность сети выражается как величиной площади S_o , так и расстояниями между разведочными выработками. Среди многих вопросов методики разведки важное значение имеет выбор плотности сети разведочных выработок и сети опробования, влекущей большие или меньшие затраты средств.

12.2. Факторы, определяющие выбор системы разведки

На выбор технических средств разведки и системы разведочных работ оказывают влияние геологические, горно-технические и географо-экономические.

Геологические факторы отражают условия формирования, состав и строение полезных ископаемых, закономерности их локализации в конкретных геологических структурах и условия эрозионного среза месторождений. Из них определяющее значение имеют характер связи залежей полезных ископаемых с элементами геологического строения, условия их залегания, устойчивость формы рудных тел, характер распределения ценного компонента.

Из *горно-технических факторов* наиболее существенное влияние на выбор технических средств и методов разведочных работ оказывают предполагаемые способы вскрытия и разработки месторождения, гидрогеологические условия, горнотехнические свойства полезного ископаемого и вмещающих пород.

Географо-экономические факторы в большинстве случаев не играют определяющей роли, но, в отдельных случаях, могут оказать существенное влияние как на выбор системы разработки, так и на выбор технических средств. Из этой группы факторов главнейшими являются транспортные воз-

возможности, энергетическая база, водные ресурсы, наличие крепежного леса, климат.

12.3. Разведочная сеть

Серия разведочных выработок, по которым можно построить разрез, обычно располагается вдоль некоторой разведочной линии, образующейся в пересечении плоскости разреза с дневной поверхностью или с плоскостью, в которой лежит тело полезного ископаемого. Разведочные линии обычно проходят вкрест простирания продуктивных свит, рудных зон или отдельных тел полезного ископаемого. При резком изменении простирания продуктивных толщ или зон ориентировка разведочных линий также соответственно меняется.

Применяются две основные формы размещения разведочных выработок: а) по геометрической сети - квадратной, прямоугольной, ромбической и б) линиям и рядам, вытянутым в определенных направлениях. Выбор той или иной формы размещения разведочных выработок определяется, главным образом, структурными особенностями месторождения.

12.4. Методы определения рациональной разведочной сети

Для определения рациональной формы и плотности разведочной сети применяются различные методы и способы: метод аналогии, сопоставление данных разведки и разработки, способ разряжения разведочной сети, аналитический и др.

Метод аналогии. Наиболее распространен для определения плотности разведочной сети и обобщен в "Инструкциях", "Методических указаниях" ГКЗ по применению классификации запасов для месторождений различных полезных ископаемых. В Инструкциях ГКЗ для каждого геолого-промышленного типа месторождений по каждому виду полезных ископаемых даются рекомендации, предусматривающие вид сети и расстояние между выработками для отнесения разведанных запасов к категориям *A*, *B* и *C₁*. При проектировании разведки месторождение относят на основании имеющихся данных к той или иной группе и в соответствии с геологическим заданием определяют плотность разведочной сети.

Способ разряжения разведочной сети представляет собой серию сопоставлений величин запасов полезного ископаемого, площадей и средних мощностей, средних содержаний, средних объемных масс, вычисленных по разведочным сетям различной плотности. При этом самые густые сети, выполненные при подготовке рудных тел к отработке (горноподготовительные, эксплуатационно-разведочные, нарезные работы), принимаются за эталон,

Выясненные таким образом погрешности при сетях различной плотности позволяют уточнить (выбрать) наиболее подходящую сеть.

Аналитический способ основан на применении элементарных формул математической статистики, которая используется для определения необходимого числа разведочных пересечений при заданном значении погрешности

$$N = \left(\frac{V_c}{p}\right)^2,$$

где n - необходимое число пересечений, V_c - коэффициент вариации содержания, p - значение погрешности.

Вводя в формулу еще один множитель, коэффициент вероятности t , который соответствует вероятности того, что в определенном числе случаев погрешность не будет превышать рассчитанного значения, то формула принимает вид:

$$N = \left(\frac{V_{ct}}{p}\right)^2,$$

Зная число необходимых разведочных пересечений и площадь объекта разведки можно ориентировочно определить плотность разведочной сети, в то же время следует помнить, что выборки по разведочным данным не всегда подчиняются закону нормального распределения, что не позволяет способом математической статистики надежно определять рациональную разведочную сеть.

Разведочная сеть выносится на местности с помощью *топогеодезических и маркшейдерских работ*. Эти данные являются графической основой для составления крупномасштабных геологических карт, геологоразведочных разрезов и планов.

При разведке месторождений проводится изучение *гидрогеологических и инженерно-геологических* условий, которые должны выполняться в соответствии с требованиями соответствующих инструкций.

12.5. Содержание и порядок проектирования геологоразведочных работ

Основой проведения любых геологоразведочных работ является **проект**.

В соответствии с Законом "О недрах" с 1.01.94 г. взамен ранее действующих нормативных документов по составлению проектно-сметной доку-

ментации на геологоразведочные работы были введены в действие: - справочники сметных норм (ССН-92);

- справочники норм основных расходов (СНОР-93);
- "Инструкция по составлению проектов и смет на геологоразведочные работы", 1993.

Инструкцией предусмотрено: на каждый объект геологического задания составляется единая проектно-сметная документация, предусматривающая все необходимые виды геологоразведочных и сопутствующих им работ. Основным документом, определяющим состав и объем проектируемых геологоразведочных работ, является геологическое задание на объект исследований. Порядок выдачи геологического задания зависит от стадии геологоразведочного процесса и собственника финансовых средств на выполнение работ.

Заказчиком на региональные и специальные работы, на поисковые и оценочные работы, выполняемые за счет средств федерального бюджета; разведочные работы, выполняемые за счет средств федерального бюджета для государственных нужд (для создания федерального резерва месторождений полезных ископаемых) является Министерство природных ресурсов. Геологические задания на объекты выставляются на конкурс со стартовыми ценами. На проведение поисковых и оценочных работ на общераспространенные полезные ископаемые Заказчиком может являться администрация региона.

Заказчиком на разведочные работы, выполняемые за счет средств организации, получившей лицензии на эксплуатацию месторождений, является владелец лицензии.

Организация-заказчик проектно-сметной документации направляет ее на экспертизу (в случае необходимости), а затем утверждает. В настоящее время проектно-сметная документация на геологоразведочные работы вместо документа, в первую очередь обеспечивающего финансирование работ, должна обеспечить решение поставленной задачи с минимальными затратами при фиксированной договорной цене (с учетом индексации сметных цен).

Геологическое задание. В геологическом задании должно быть указано, какая новая информация об объекте (по его конкретным параметрам) должна быть получена в результате выполнения проектируемых работ. Предусмотрены обязательные разделы геологического задания на объект:

- целевое назначение работ, пространственные границы объекта и основные оценочные параметры;
- геологические задачи, последовательность и сроки их выполнения, основные методы их решения, перечень инструкций и технических требований, обязательных при выполнении работ;
- формы и тираж отчетной документации, сроки завершения работ.

Геологическое задание на объект является неотъемлемой частью договора на производство работ.

Методическая часть проекта состоит из разделов:

- общие сведения об объекте работ;
- общая характеристика геологической изученности объекта;

- методика проектируемых работ; сводный перечень проектируемых работ.

К проекту прилагаются разрешительные и согласительные документы, контролирующих и государственных органов, договорная документация на выполнение геологических исследований и работ подрядными организациями и графические материалы, обосновывающие проектируемые работы и иллюстрирующие основные положения, развиваемые в проекте.

При разработке методической части проекта должны соблюдаться требования нормативных документов, определяющих содержание, методику и технологию всех видов геологоразведочных работ, с учетом требований охраны недр и окружающей среды. При наличии альтернативных проектных решений оптимальность выбранной методики устанавливается заказчиком.

В разделе "Общие сведения об объекте работ" приводятся: административное положение района работ, характер рельефа, климатические условия, гидрографическая сеть, залесенность, удаленность от железных дорог и водных путей и другие сведения, влияющие на организацию и стоимость работ.

В разделе "Общая характеристика геологической изученности объекта" приводятся:

- геологическая, гидрогеологическая, геохимическая, геофизическая и др. изученность территории. Краткий обзор и критический анализ ранее выполненных работ, а также рекомендации предыдущих исследователей по дальнейшему направлению работ;

- прогнозные ресурсы и запасы полезных ископаемых;

- обеспеченность объекта работ топокартами, аэро-, фото- и космическими снимками с указанием их масштабов и степени дешифрируемости;

- краткие сведения по стратиграфии, тектонике, магматизму, полезным ископаемым и гидрогеологии территории работ;

- данные, влияющие на выбор того или иного комплекса методов;

- прогноз экономических, экологических и других последствий возможных вариантов решения поставленных задач.

Методика проектируемых работ. На основе анализа особенностей объекта с учетом рекомендаций предыдущих исследований определяется объем недостающей информации для выполнения геологического задания и обосновывается рациональный комплекс работ (исследований), определяются места проектируемых работ (заложения геологоразведочных выработок, пунктов наблюдений, точек, площадей и пр.) с указанием последовательности их отработки.

Принятая методика проектируемых геологоразведочных работ должна учитывать в полном объеме требования утвержденных отраслевых инструкций по проведению отдельных видов геологических работ (исследований). Требования к качеству и объему отчетной документации должны быть отражены в проекте.

Методика работ должна быть изложена в порядке номенклатуры сборников:

Работы геологического содержания.
 Геоэкологические работы.
 Геофизические работы.
 Горно-разведочные работы.
 Разведочное бурение.
 Лабораторные исследования полезных ископаемых и горных пород.
 Топо-геодезические и маркшейдерские работы.

Из разделов методика работ составляется сводный перечень проектируемых работ по следующей форме (табл. 12.1):

Таблица 12.1

Сводный перечень проектируемых работ

Виды, методы, способы, масштабы работ, условия производства (категории сложности, сечения выработок, категории пород и т.д.)	Номер нормы времени (выработки) по ССН-92	Единица работ	Проектируемый объем
1	2	3	4

Работы, не учтенные ССН-92, обосновываются в соответствующих разделах методики работ и включаются в сводный перечень дополнительно.

Производственная часть проекта должна содержать в себе организационные условия производства геологоразведочных работ, расчет времени, затрат труда и расхода материальных ценностей (в номенклатуре) на все виды геологических исследований и геологоразведочных работ, объемы которых определены в методической части проекта.

Исходя из календарного плана выполнения работ, составленного с учетом организационных условий производства, определяются необходимые трудовые и материальные ресурсы по годам. Обосновывается объем производственного и бытового строительства и количество необходимых материалов по годам. Составляется схема перевозки грузов и транспортировки персонала, рассчитывается необходимое количество грузов по видам транспорта и затрат времени на транспортировку персонала.

Обосновываются затраты на прочие сопутствующие работы (производственные командировки, полевое довольствие, доплаты и др.).

Определение стоимости и составление смет на геологоразведочные работы. Смета составляется на весь объем геологоразведочных работ и затрат, предусмотренных проектом. Сметная стоимость работ складывается из основных расходов, накладных расходов, плановых накоплений, компенсируемых затрат, подрядных работ и резерва на непредвиденные расходы. Нормы накладных расходов и плановых накоплений устанавливаются заказчиком проектно-сметной документации.

ЛЕКЦИЯ 13

План лекции

1. Геолого-экономическая оценка промышленного значения МПИ
2. Кондиции на минеральное сырье
3. Методика определения кондиций
4. Разведочные и эксплуатационные кондиции.

13. 1. Геолого-экономическая оценка промышленного значения МПИ

Геолого-экономическая оценка промышленного значения месторождений полезных ископаемых является важнейшей составной частью геологоразведочного процесса и представляет собой анализ влияния горно-геологических параметров месторождения на технико-экономические показатели его разработки, на основе этого анализа - выбор оптимального варианта разработки месторождения, обеспечивающего максимальные экономические выгоды и удовлетворение существующих потребностей в минеральном сырье, минимальные его потери и ущерб окружающей среде.

Геолого-экономическая оценка промышленного значения месторождения осуществляется в соответствии с Законом РФ "О недрах", другими законодательными и правительственными актами по рациональному и комплексному использованию недр и охране окружающей среды, действующего законодательства в области экологии и окружающей среды на основе всех запасов категорий $A+B+C_1+C_2$. В случае, когда основное количество запасов составляют запасы категории C_2 , достоверность данных о геологическом строении, условиях залегания и морфологии рудных тел полезного ископаемого, а также информация о качестве запасов должна быть подтверждена на участке детализации.

Геолого-экономическая оценка осуществляется без учета налогов, отчислений и платежей (базовый вариант), и с учетом налогов, отчислений и платежей, существующих на момент проведения оценки, которая отражает экономическую эффективность их разработки (коммерческий вариант).

На основе базовой оценки определяются общие геологические (потенциальные) запасы месторождения, в то время как коммерческая оценка позволяет определить ту их часть, которая в данный момент может быть отработана с приемлемым экономическим эффектом (балансовые запасы). Сопоставление этих запасов позволяет выявить необходимость и характер мер государственной поддержки недропользователя (налоговые и иные льготы), обеспечивающих возможность наиболее рационального и комплексного использования запасов месторождения.

13.2. Кондиции на минеральное сырье

Кондиции представляют собой совокупность требований к качеству и количеству полезных ископаемых, горно-геологическим и иным условиям их разработки, обеспечивающих наиболее полное комплексное и безопасное использование недр на рациональной экономической основе с учетом экологических последствий эксплуатации месторождения.

Бортовое содержание - это наименьшее содержание полезных компонентов в пробах, включаемых в подсчет запасов при оконтуривании тела полезного ископаемого по мощности (пересечению разведочной выработкой) в случае отсутствия его четких геологических границ. Бортовое содержание выражается содержанием полезного компонента, а в месторождениях комплексных руд - суммой имеющих промышленное значение содержаний полезных компонентов, приведенных к содержанию условного компонента, имеющего максимальную извлекаемую ценность.

Минимальное промышленное содержание полезного компонента в подсчетном блоке базового варианта - это такое содержание, при котором извлекаемая ценность минерального сырья обеспечивает возмещение всех затрат на получение товарной продукции при нулевой рентабельности

Минимальные запасы изолированных (обособленных) тел (участков) полезных ископаемых. При наличии на месторождении, подлежащем подземной разработке, изолированных рудных тел (участков), отстоящих на значительном расстоянии от основных рудных тел и требующих проходки дополнительных выработок, в кондициях должны быть регламентированы условия отнесения запасов таких рудных тел (участков) к балансовым.

Минимальный коэффициент рудоносности в подсчетном блоке. Коэффициент рудоносности применяется в случае невозможности выделить и оконтурить в процессе геологоразведочных работ отдельные рудные тела. Минимальная величина коэффициента рудоносности устанавливается для подсчетного блока. При этом должны быть обоснованы условия выделения рудоносной зоны (залежи, тела), а также возможность и целесообразность селективного способа разработки рудных обособлений, учитываемых с помощью коэффициента рудоносности. Следует иметь в виду, что использование коэффициента рудоносности требует дополнительных затрат при эксплуатации месторождения, связанных с оконтуриванием безрудных или некондиционных участков и их селективной отработкой.

Минимальная мощность тел полезных ископаемых - это наименьшая мощность, которая должна учитываться при подсчете запасов. Минимальная мощность устанавливается, исходя из способа и системы разработки, условий залегания, крепости и устойчивости руд и вмещающих пород. Предельным значением мощности крутопадающих рудных тел, обеспечивающих возможность подземной разработки без подрыва вмещающих пород, является обычно 0,5-0,7 м. Для пологозалегающих рудных тел минимальная мощность для

подземной разработки принимается равной 1,4-1,5 м, что обеспечивает минимальную высоту очистного пространства. При открытой разработке минимальная мощность для селективной выемки зависит от принятой высоты уступа и применяемой техники (экскаваторов, скреперов и др.). Обычно минимальную мощность рудного тела, включаемую в подсчет запасов, принимают равной высоте или половине высоты уступа.

Оконтуривание маломощных рудных тел с повышенным содержанием определяется по *метропроценту (метрограмму)* с использованием формулы:

$$C_{\phi}M_{\phi} \geq C_{\sigma}M_{\sigma},$$

где C_{ϕ} и C_{σ} - фактическое и бортовое (или минимальное по пересечению) содержание полезного компонента; M_{ϕ} и M_{σ} - фактическая и минимальная (по кондициям) мощность рудного тела, м.

Максимально допустимая мощность прослоев пустых пород и некондиционных полезных ископаемых, включаемых в подсчетный контур. Действующая классификация запасов месторождений предусматривает, что запасы подсчитываются по наличию их в недрах без введения поправок на потери и разубоживание при добыче и обогащении, то есть без учета потерь и независимо от возможного разубоживания при добыче. Исходя из этого, прослои и участки пустых пород или некондиционных по содержанию руд не должны включаться в контуры балансовых запасов.

Однако практически это не всегда удается из-за сложного распределения кондиционных и некондиционных руд и невозможности их отдельного подсчета. Во многих случаях прослои пустых пород (некондиционных) руд из-за малой их мощности не могут быть селективно отработаны. Исключение этих прослоев из подсчета приводит к искусственному завышению содержания полезных компонентов в балансовых рудах. В связи с этим при разработке кондиций приходится определять допустимые мощности прослоев пустых пород (некондиционных руд), включаемых в подсчет балансовых запасов.

Следует отметить, что от размеров (мощности) включаемых прослоев пустых пород зависит морфология рудных тел, что оказывает влияние на контуры, количество и качество балансовых запасов.

Увеличение максимальной мощности пустых пород и некондиционных руд, включаемых в контур запасов, позволяет, как правило, использовать более производительную систему разработки, упрощает и удешевляет добычу руды, увеличивает запасы, но одновременно снижает качество руды, что ведет к снижению извлечения ценных компонентов и удорожает обогащение.

В случае сложного строения рудных тел, когда рудные интервалы чередуются с безрудными, максимальную мощность прослоев пустых пород и некондиционных полезных ископаемых следует устанавливать, исходя из условий соблюдения (при включении этих пород) требований промышленности к

качеству добываемого минерального сырья. В этих целях производятся расчеты качества добываемого сырья при различном соотношении мощностей полезных ископаемых и некондиционных прослоев и на их основе устанавливается предельная мощность прослоя, при которой еще возможно получение товарной продукции требуемого качества.

Коэффициенты для приведения содержаний полезных компонентов комплексных руд к содержанию условного компонента. В комплексных рудах минимальное промышленное содержание определяется обычно для всех компонентов, приведенное к одному из основных компонентов. Единое минимальное промышленное содержание рассчитывается на условный компонент. Приведение содержаний полезных компонентов комплексных руд к содержанию условного компонента осуществляется при помощи *переводных* коэффициентов.

Максимально допустимое содержание вредных примесей в подсчетном блоке, по выработке или пробе. В минеральном сырье кроме полезных компонентов нередко присутствуют вредные примеси, например, сера и фосфор в железных рудах; мышьяк и сера в ртутных рудах; сера и диоксид титана в бокситах; железо в керамическом сырье и стекольных песках и т.п. По полезным ископаемым, используемым без обогащения, максимальное содержание вредных примесей устанавливается в пробе или интервале разведочной выработки в соответствии с требованиями промышленности (ГОСТ, ТУ). Если при отработке месторождения предусматривается усреднение добытого минерального сырья, максимально допустимое содержание вредных примесей может устанавливаться для подсчетного блока.

Коэффициент вскрыши и максимальная глубина подсчета запасов.

Предельно допустимый коэффициент вскрыши или максимально допустимое соотношение мощностей вскрышных пород и полезного ископаемого устанавливается для каждого подсчетного блока (например, по россыпным месторождениям золота, олова и др.). Для глубоких карьеров в связи с невозможностью определения коэффициента вскрыши по каждому из подсчетных блоков, кондиции устанавливают коэффициент вскрыши для оптимального варианта контура карьера.

Коэффициент вскрыши для различных полезных ископаемых изменяется в широких пределах, в зависимости от ценности полезного ископаемого существуют приближенные показатели допустимых соотношений объемов вскрышных пород и руды. Например, для железных руд допустимый коэффициент вскрыши обычно менее 10, для цветных металлов до 15 и для редких металлов до 20. Расходы на вскрышу учитываются при определении минимального промышленного содержания. Поэтому в кондициях указывается предельный коэффициент вскрыши, который учтен в расчетах.

Максимальная глубина подсчета запасов для открытого способа разработки определяется предельными коэффициентами вскрыши, а для подземного - глубиной подземной разработки на основе прямых технико-экономических расчетов по вариантам глубины и добычи.

13.3. Методика определения кондиций

Бортовое содержание, как правило, определяется на основе повариантных технико-экономических расчетов. В качестве исходного варианта целесообразно применять бортовое содержание месторождения-аналога.

Варианты с более высоким или низким бортовым содержанием следует подбирать таким образом, чтобы разница в запасах различных вариантов составляла не менее 10% от общих запасов ближайшего варианта. Количество вариантов обычно 3 (не более 5). Верхний предел бортового содержания не должен быть выше минимального промышленного, а нижний - ниже содержания в хвостах, то есть уровня содержаний, при котором полезный компонент не извлекается в товарную продукцию. Критерием для оценки и выбора величины бортового содержания при разработке ТЭО разведочных кондиций являются показатели дохода и прибыльности за весь период разработки.

Минимальное промышленное содержание определяется по формуле:

$$C_{\text{мин.п.баз.}} = \frac{(Z_{\text{д}} + Z_{\text{о}})}{C_{\text{мк}} I_{\text{о}} (1 - P)} 100\% ,$$

где $Z_{\text{д}}$ и $Z_{\text{о}}$ - полные эксплуатационные затраты на добычу и обогащение руды, т. руб; $C_{\text{мк}}$ - цена 1 т полезного компонента в концентрате без НДС; $I_{\text{о}}$ - коэффициент извлечения при обогащении, доли единицы; P - разубоживание при добыче, доли единицы.

Минимальное промышленное содержание для *коммерческого* варианта оценки - обеспечивает возмещение всех затрат (с уплатой налогов, платежей)

$$C_{\text{мин.п.ком.}} = \frac{(Z_{\text{уп}} + H_{\text{у}})}{C_{\text{мк}} I_{\text{о}} (1 - P)} 100\% ,$$

где $Z_{\text{уп}}$ - полные эксплуатационные затраты с учетом налогов, которые входят в структуру эксплуатационных затрат, в т.ч. налог на право пользования недрами; $H_{\text{у}}$ - налоги, не входящие в структуру эксплуатационных затрат.

Минимальное промышленное содержание с учетом коэффициента рудоносности определяется по формуле:

$$C_{\text{к_мин}} = C_{\text{мин}} + C_{\text{д}} = \frac{(Z + Z_{\text{кр}})}{C_{\text{ИР}}} ,$$

где $C_{мин}$ - минимальное промышленное содержание, рассчитанное без учета дополнительных затрат на коэффициент рудоносности; $C_{д}$ - дополнительное содержание, на которое должно быть повышено минимальное промышленное содержание с учетом затрат на коэффициент рудоносности; Z - затраты на добычу и переработку 1 т руды; $Z_{кр}$ - дополнительные затраты, связанные с коэффициентом рудоносности.

Величина коэффициента рудоносности для различных месторождений изменяется от 0,9-0,8 до 0,4-0,5, а на ртутных месторождениях до 0,1.

Минимальное количество запасов. При определении целесообразности промышленного освоения (безубыточной добычи) изолированных рудных тел (участков) рекомендуется руководствоваться формулой:

$$Q_{мин} = \frac{Z_{доп} + P}{(C_u - Z_n) \Pi},$$

где $Q_{мин}$ - минимальные геологические запасы рудного тела; $Z_{доп}$ - дополнительные затраты, связанные с вскрытием и отработкой рудного тела (участка), руб; C_u - извлекаемая ценность всех полезных компонентов в расчете на 1 т добытой руды, руб; Z_n - эксплуатационные расходы на добычу и переработку 1 т руды оцениваемого (изолированного) рудного тела без учета $Z_{доп}$, руб; Π и P - коэффициенты, учитывающие эксплуатационные потери и разубоживание руды, доли единиц.

Извлекаемая ценность 1 т руды: если конечным продуктом горнорудного предприятия является руда, то цена является одновременно ее ценностью; если конечным продуктом является концентрат, то извлекаемая ценность (C_u) определяется по формуле:

$$C_u = C_k \delta,$$

где C_k - цена 1т концентрата; δ - выход концентрата из 1т руды.

$$\delta = \frac{C_p K_u K_p}{C_k},$$

где C_p - содержание металла в руде; K_u - коэффициент извлечения металла в концентрат; K_p - коэффициент качества (разубоживания); C_k - содержание металла в концентрате.

Переводной коэффициент. Расчетная формула для приведения содержания i -го компонента к содержанию главного (1-го) компонента имеет следующий вид:

$$K_{пер} = \frac{C_{i(n)} I_{i(n)}}{C_{1(o)} I_{1(o)}},$$

где C_i - цена единицы товарного металла из i -го компонента руды, руб;
 C_1 - цена единицы товарного металла главного компонента, руб; I_i - сквозное извлечение i -го компонента при обогащении (доли единицы); I_1 - сквозное извлечение главного компонента при обогащении (доли единицы).

13.4. Разведочные и эксплуатационные кондиции

Кондиции в соответствии с этапами изучения и освоения месторождений разделяются на *разведочные и эксплуатационные*.

Разведочные кондиции разрабатываются по результатам разведки и геолого-экономической оценки месторождений, для оконтуривания и подсчета запасов полезных ископаемых и определения их промышленной ценности. Разведочные кондиции разрабатываются в результате технико-экономического обоснования. ТЭО разведочных кондиций должны содержать в себе геологическое, горнотехническое, технологическое, экологическое и экономическое обоснования.

Эксплуатационные кондиции разрабатываются в процессе отработки месторождения при необходимости уточнения граничных требований к качеству полезного ископаемого и условиям его залегания применительно к частям месторождения: этажам, подэтажам, эксплуатационным блокам, панелям, выемочным участкам и др., существенно отличающимся по условиям отработки от средних показателей, принятых при обосновании разведочных кондиций, а также - при резком изменении рыночной конъюнктуры на минеральное сырье, продукты его переработки и цен на энергоресурсы.

Эксплуатационные кондиции могут обосновывать новые по сравнению с разведочными кондициями величины минимального промышленного и бортового содержания, а также другие параметры, относимые к конкретным выемочным единицам. В эксплуатационных кондициях в качестве основных параметров могут устанавливаться:

- предельно допустимое качество запасов на контуре выемочного участка; этот параметр является аналогом бортового содержания и в зависимости от конкретных условий может быть большим или меньшим величины, установленной разведочными кондициями;

- предельно допустимое качество запасов в целом по эксплуатационному блоку и его части. Этот параметр является аналогом минимального промышленного содержания в блоке, рассчитываемый по предстоящим затратам;
- минимальная выемочная мощность тела полезного ископаемого;
- минимальные запасы обособленного тела полезного ископаемого, целесообразные к отработке, исходя из окупаемости предстоящих затрат;
- максимальная длина безрудного участка залежи, включаемая в выемочный контур и др.

Согласно технологии горных работ, дополнительная информация появляется при переходе разведанных запасов в категорию вскрытых, последних – в подготовленные, затем - в готовые к выемке, отбитые и, наконец, выданные на поверхность. Это позволяет на каждом из выделенных уровней уточнять количество и качество запасов, горнотехнические условия отработки выемочных единиц или участков, и поэтому предельные показатели качества полезных ископаемых рассчитываются именно для этих уровней.

ЛЕКЦИЯ 14

План лекции

1. Оконтуривание рудных тел для подсчета запасов
2. Способы и основные принципы оконтуривания рудных тел.
3. Определение параметров подсчета запасов полезных ископаемых
4. Средние значения подсчетных параметров m , c и d

14.1. Оконтуривание рудных тел для подсчета запасов

Для подсчета запасов необходимо очертить площадь тела полезного ископаемого или площади сечений этого тела на топографических или маркшейдерских планах, разрезах, либо - на продольной проекции. Такая операция называется оконтуриванием. Для оконтуривания необходимо иметь утвержденные кондиции, которыми определяются принципы оконтуривания рудных тел.

Оконтуривание запасов по результатам разведочных работ производится последовательно - сначала по разведочным пересечениям (выработкам), затем по совокупности разведочных выработок (разрезах) и после этого - в продольных проекциях рудных залежей или зон.

Плоские тела - жилы, линзы, пласты - при пологом (менее 45°) залегании оконтуриваются в плане, при крутом – в проекции на вертикальную плоскость. Наклонные тела (при углах падения близких к 45°) - в их собственной плоскости. Трубообразные тела также оконтуриваются в плане (поло-

гие) и в вертикальной проекции (крутые). Изометричные тела оконтуриваются в плане.

14.2. Способы и основные принципы оконтуривания рудных тел

В порядке убывания точности построения контуров различают три способа оконтуривания: непрерывного прослеживания, интерполяции и экстраполяции.

Непрерывное прослеживание контактов выполняется, когда мощность тела полезного ископаемого меньше размеров прослеживающей выработки (штрека, восстающего, канавы и др.) или же эта выработка проходит непосредственно по контакту тела полезного ископаемого с вмещающими породами. Обычно с помощью этого способа удается построить только часть контура тела полезного ископаемого.

Интерполяция заключается в проведении контура через непосредственно установленные точки контакта полезного ископаемого с вмещающими породами (на разрезах) или через точки пересечения разведочными выработками полезного ископаемого (при построении контура на проекциях).

Экстраполяция представляет собой оконтуривание за пределами выработок, встретивших полезное ископаемое, т.е. данным способом отстраивается только внешний контур. Существуют два вида экстраполяции: ограниченная и неограниченная. *Ограниченная экстраполяция* – это проведение контура между выработками, одна из которых пересекла полезное ископаемое, а другая – нет. Конкретное положение опорной точки и, следовательно, контура определяются либо по формальным признакам – на половину, треть, четверть расстояния между этими выработками, либо на основании геологических закономерностей.

При неограниченной экстраполяции контур отстраивают за пределами выработок, подсекших полезное ископаемое, т.е. в этом случае установленных пределов экстраполяции нет, но положение опорных точек контура, как и при ограниченной экстраполяции, выявляется либо по формальным признакам – на четверть, половину, целое, удвоенное или другое расстояние между разведочными выработками, либо по геологическим признакам. Естественно, *наиболее достоверным будет положение контура, когда определение пределов экстраполяции основывалось на геологических закономерностях.*

Оконтуривание в пределах выработок. При равномерном распределении полезного компонента в тех случаях, когда границы рудного тела достаточно четкие и подсчетные контуры совпадают с геологическими, в задачу оконтуривания входит только проверка соответствия установленным условиям. Для маломощных рудных тел промышленный характер рудного пересечения определяется метропроцентом.

При неравномерном распределении полезного компонента в рудном теле, внешние границы рудного тела устанавливаются по результатам опробования.

Оконтуривание рудных тел по совокупности разведочных выработок.

При наличии четких геологических границ опорные точки наносятся на планы, разрезы или проекции по данным непосредственных замеров в выработках. Сложнее определяется контур на месторождениях, когда рудные тела не имеют четких границ с вмещающими породами. При оконтуривании тел полезных ископаемых различают различные виды контуров (рис. 14.1).

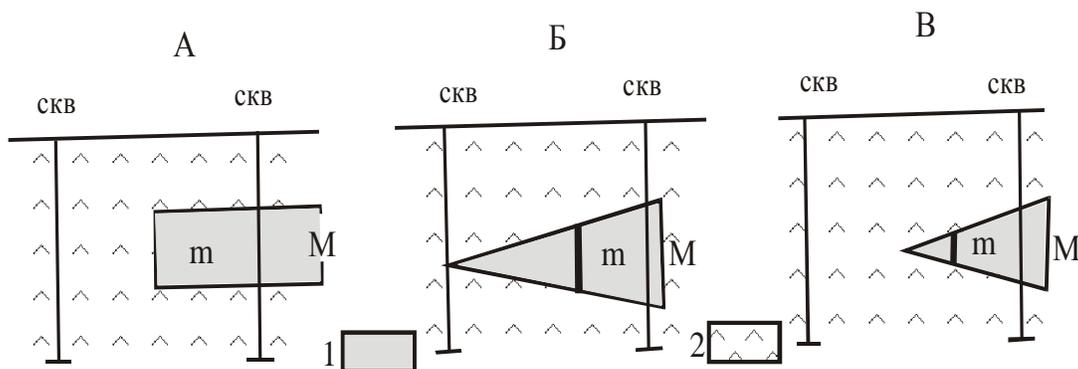


Рис. 14.1. Схема проведения контура тела полезного ископаемого (по В.В. Шевелеву) (на разрезе) при резком (А), постепенном его выклинивании между двумя выработками, одна из которых, не вскрывшая тело, принимается лежащей на нулевом контуре (Б) и контуре, проведенном через середину расстояния между выработками (В): 1 – тело полезного ископаемого; 2 – вмещающие породы; M – вскрытая мощность; m – минимальная кондиционная мощность тела полезного ископаемого.

При этом выделяются:

- внутренний контур интерполяции, проведенный через крайние разведочные выработки, вскрывшие (пересекшие) полезные ископаемые;
- внешний контур, проведенный за пределами крайних выработок; при этом различают: а) внешний контур ограниченный экстраполяцией, если за пределами рудных выработок имеются выработки безрудные, и б) внешний контур неограниченный экстраполяцией, если за рудными выработками безрудных выработок нет.

В случае неограниченной экстраполяции задача проведения внешнего контура становится наименее определенной и обычно многовариантной (рис. 14.2).

В практике часто применяются следующие формальные приемы неограниченной экстраполяции:

- 1) проведение внешнего контура параллельно внутреннему на расстоянии, равном расстоянию между разведочными выработками или половине

среднего расстояния между ними (для морфологически неустойчивых тел полезного ископаемого);

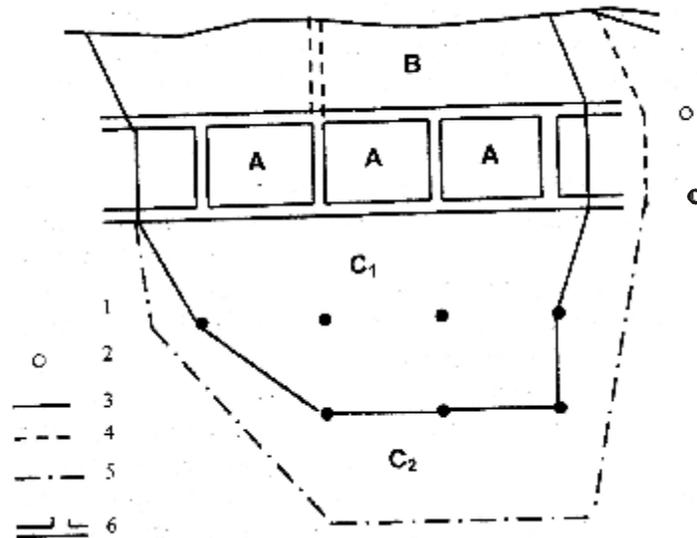


Рис. 14.2. Оконтуривание кругопадающего тела полезного ископаемого в проекции на вертикальную плоскость (по В.В. Шевелеву): 1 – проекция точки пересечения скважины с осевой поверхностью тела полезного ископаемого на вертикальную плоскость; 2 – скважины не вскрывшие рудного тела; 3 – внутренний контур интерполяции; 4 – внешний контур ограниченной экстраполяции; 5 – внешний контур неограниченной экстраполяции; 6 – горные выработки

2) проведение внешнего контура в зависимости от линейных размеров тела полезного ископаемого. По этому приему внешний контур образует треугольник, у которого высота принимается равной половине длины тела полезного ископаемого. Видоизменением этого приема является проведение внешнего контура по периметру прямоугольника с высотой, равной четверти длины тела полезного ископаемого;

3) проведение внешнего контура по поверхности конуса (для изометрических тел). Основанием этого конуса служит площадь сечения тела полезного ископаемого, ограниченная внутренним контуром, а высота равна половине среднего поперечного размера тела. Иногда на этом же основании строится полушарие.

Кондиционный состав и свойства полезного ископаемого являются показателями, на основе которых проводят рабочий (кондиционный) контур залежи, определяют ее форму и мощность.

Для достоверного определения мощности рудного тела на разрезе важна правильная увязка рудных интервалов выделенных по отдельным горным выработкам и скважинам (рис. 14.3).

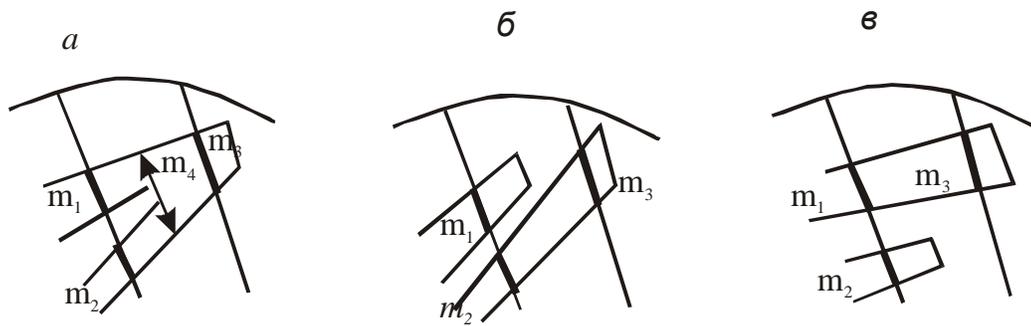


Рис. 14.3. Оконтуривание рудного тела в разрезе между двумя выработками (по В.В. Шевелеву): *a* – неправильный прием оконтуривания с завышением мощности рудного тела и запасов руды, *б* и *в* – варианты правильного оконтуривания; m_1 , m_2 , m_3 – стволовые мощности рудных тел по скважинам.

Таким образом, при установлении непрерывного или прерывистого залегания полезного ископаемого следует учитывать кондиции как по мощности, так и по качеству полезного ископаемого.

14.3. Определение параметров подсчета запасов полезных ископаемых

Параметрами подсчета называют определенные величины, дающие возможность вычислять запасы полезного ископаемого по месторождению или его части (блоку). кубических или в тоннах. В последнем случае они вычисляются как произведение объема V тела или его части (блока) на объемную массу полезного ископаемого d :

$$Q = Vd$$

Запасы полезного компонента P выражаются в тоннах или килограммах и представляют собой произведение запасов полезного ископаемого на среднее содержание заключенного в них полезного компонента c :

$$P = Qc$$

Для вычисления объема тела полезного ископаемого или его части (блока) принимается площадь в контуре уплощенного тела (в его плоскости или в проекции); штокообразные или изометричные тела характеризуются площадями горизонтальных или вертикальных сечений S . В качестве третьего измерения служит средняя мощность m уплощенного тела или расстояние между

параллельными разведочными сечениями. Объем тела или его части вычисляется из произведения этих двух величин:

$$V = Sm ,$$

Таким образом, подсчету запасов предшествуют:

- 1) вычисление или измерение на плане площади тела или площади поперечных сечений тела S ;
- 2) вычисление средней мощности тела или среднего расстояния между параллельными разведочными сечениями тела m ;
- 3) вычисление средней объемной массы полезного ископаемого d ;
- 4) вычисление среднего содержания полезного компонента c .

Площади тел или их сечений измеряются планиметром или палеткой, а в случае простых геометрических фигур - вычисляются по известным математическим выражениям. Обычно измерение площадей проводятся несколько раз, а в подсчете запасов участвуют средние их оценки, при условии, что частные замеры расходятся не более, чем на 3 -5%.

14.4. Средние значения подсчетных параметров m , c и d .

Вначале вычисляются средние значения параметров по отдельным разведочным пересечениям. Затем вычисляются средние значения по участкам (подсчетным блокам) на основании данных по разведочным пересечениям в пределах этого участка. И, наконец, средние величины m , c и d могут быть определены по месторождению в целом. В разведочной практике применяются два способа подсчета средних величин: 1) среднего арифметического и 2) среднего взвешенного.

Средняя мощность тела полезного ископаемого или его части обычно при небольшой изменчивости формы тел полезного ископаемого определяется способом среднеарифметического:

$$m_{cp} = \frac{\sum m_i}{n}$$

где n - число выработок (пересечений).

Если формы тела полезного ископаемого не выдержаны, а измеренные мощности сильно колеблются, средняя мощность определяется способом среднего взвешенного (на длину (l) или площадь влияния (S))

$$m_{cp} = \frac{m_1 l_1 + m_2 l_2 + \dots + m_n l_n}{\sum l},$$

$$m_{cp} = \frac{m_1 S_1 + m_2 S_2 + \dots + m_n S_n}{\sum S},$$

Средняя *объемная масса* также определяется по формуле среднего арифметического (при умеренной изменчивости мощности тела)

$$d_{cp} = \frac{\sum di}{n},$$

при неравномерных, изменчивых мощностях среднее значение объемной массы следует вычислять по формуле среднего взвешенного:

$$d_{cp} = \frac{d_1 m_1 + d_2 m_2 + \dots + d_n m_n}{\sum m},$$

При неравномерной разведочной сети и при значительных колебаниях объемной массы следует взвешивать и на площади влияния:

$$d_{cp} = \frac{d_1 m_1 S_1 + d_2 m_2 S_2 + \dots + d_n m_n S_n}{\sum m S},$$

где $d_1 \dots d_n$ - частные значения объемных масс; $m_1 \dots m_n$ - мощности, соответствующие этим значениям объемных масс; $S_1 \dots S_n$ - площади влияния отдельных разведочных выработок.

Содержание полезного компонента. При подсчете запасов большого числа металлических и неметаллических полезных ископаемых кроме запасов руды определяются также запасы ценных компонентов, для чего необходимо знать их содержание. Для таких полезных ископаемых как бокситы, железная и марганцевая руда и др., запасы ценных компонентов не подсчитываются, но характеристика сырья по содержанию их обязательна.

Среднее содержание полезного компонента почти всегда вычисляется как среднее взвешенное аналогичным образом:

$$C_{cp} = \frac{c_1 m_1 d_1 + c_2 m_2 d_2 + \dots + c_n m_n d_n}{\sum md}$$

В случаях, когда отсутствует корреляционная зависимость между содержанием и каким-либо другим параметром (мощностью, объемной массой, площадью или длиной влияния пробы) используют среднеарифметическую формулу. При подсчете среднеблочных содержаний часто встает задача правильного учета отдельных проб с резко выдающимися содержаниями полезных компонентов ("ураганных" проб). По рекомендации ГКЗ, к ураганным относятся отдельные пробы, превышающие средние содержания по разведочному пересечению более чем на 20 %, а по подсчетному блоку более, чем на 10 %. Их следует исключать из подсчета, а вместо них - принимать пробы с наиболее высоким содержанием из числа рядовых проб, по данному разведочному пересечению или блоку соответственно.

ЛЕКЦИЯ 15

План лекции

1. Способы (методы) подсчета запасов.
2. Способ блоков.
3. Способ разрезов (сечений).
4. Статистический метод.
5. Поправочные коэффициенты к подсчету запасов.
6. Особенности подсчета запасов с использованием ЭВМ.

15.1. Способы (методы) подсчета запасов

Несмотря на большое количество известных способов и методов подсчета запасов, в практике геологоразведочных широко используются два способа: способ блоков и способ разрезов. Реже используется статистический способ. В последние годы распространение получил компьютерный способ подсчета запасов с использованием блочных моделей.

Известно, что точность и достоверность запасов определяются главным образом геологической изученностью и фактическими данными разведки и гораздо меньше зависят от применяемых способов подсчета. Запасы почти всех разведанных месторождений могут быть надежно подсчитаны способом блоков либо разрезов. Оба способа позволяют использовать для оконтуривания подсчетных блоков всю совокупность выявленных разведкой геологических данных и не искажают представлений о природных морфологических особенностях залежей полезных ископаемых.

Учитывая, что понятие способ является по смыслу более широким, чем метод, можно выделить следующие методы:

Способ блоков:

- 1) метод среднего арифметического;
- 2) метод геологических блоков;
- 3) метод эксплуатационных блоков.

Способ разрезов (сечений):

- 1) метод вертикальных разрезов (сечений);
- 2) метод горизонтальных разрезов (сечений);
- 3) метод линейный.

15.2. Способ блоков

Метод среднего арифметического является упрощенным приемом и применяется на ранних стадиях геологоразведочных работ для ориентировочных оценок запасов. С этой целью вся залежь полезного ископаемого приравнивается к равновеликой фигуре - диску с высотой, равной средней мощности залежи, которая вычисляется по совокупности всех разведочных разрезов, вошедших в контур. Запасы подсчитываются по формулам:

$$V = Sm; \quad Q = Vd; \quad P = Q \frac{C}{100},$$

где V - объем залежи, м³; S - площадь залежи на проекции, м²; m - средняя горизонтальная (или вертикальная) мощность залежи, м; Q - запасы полезного ископаемого, т; d - объемная масса, т/м³; c - среднее содержание полезного компонента в залежи, %; P - запасы полезного компонента, т.

Достоинством среднеарифметического метода подсчета запасов является простота графических построений и вычислений. Недостатком его является невозможность выделения по результатам подсчета запасов отдельных сортов руды. Кроме того, этот метод применим только при равномерном распределении выработок и скважин, в противном случае конечные результаты подсчета будут искажены.

Метод геологических блоков является ведущим при подсчете запасов рудных и нерудных полезных ископаемых и, по существу, единственным при подсчете запасов угля. Основой метода является выделение и оконтуривание подсчетных блоков по степени изученности и близким значениям ведущих геолого-промышленных параметров (мощности, содержанию, условиям залегания), т.е. по различным геологическим признакам. Отсюда и название выделяемых блоков: "геологические блоки". Этот метод позволяет с максимальной обоснованностью для данной степени разведанности блока определить

средние значения подсчетных параметров и надежные пределы их интерполяции и экстраполяции (рис. 15.1).

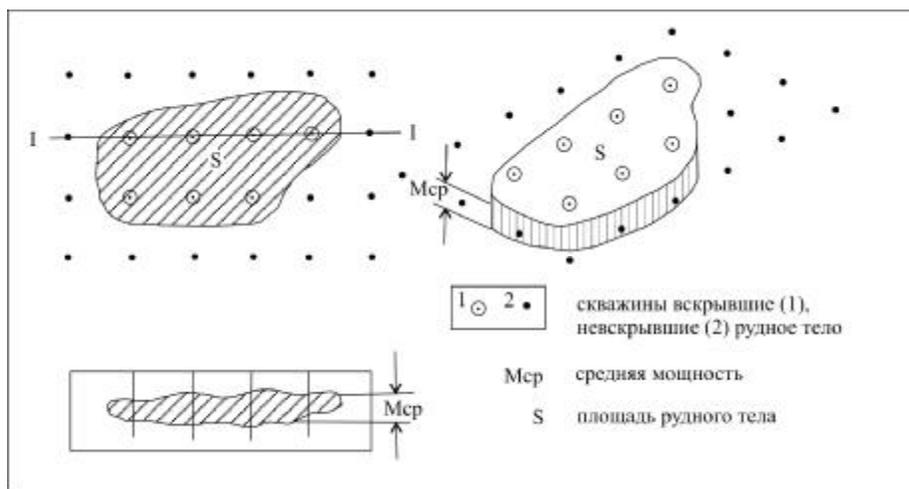


Рис. 15.1. Преобразование тела полезного ископаемого в геометрически правильную фигуру для целей подсчета запасов

Истинная сложная форма блока при этом заменяется формой плоского параллелепипеда, площадь основания которого равна площади блока, а высота - средней мощности залежи. Запасы руды и ценных компонентов по этому методу считаются с определением среднего взвешенного, если исходные данные по разведочным пересечениям существенно различны. Блоки оконтуриваются по следующим признакам:

- 1) выделяются площади разной степени разведанности для подсчета запасов по различным категориям;
- 2) выделяются площади разных типов и сортов полезного ископаемого;
- 3) выделяются площади с различными горно-техническими условиями эксплуатации.

Общие запасы полезного ископаемого подсчитываются суммированием запасов по всем блокам. Главным достоинством метода геологических блоков является его простота, а в случае геометризации неправильной разведочной сети он является единственным рациональным методом подсчета запасов.

Недостатками этого метода является то, что его подсчетные блоки (по крайней мере часть) обычно не соответствует эксплуатационным блокам, поэтому при проектировании разработки месторождения приходится пере-страивать подсчетные блоки и производить пересчет запасов. Этот метод не всегда может применяться для подсчета запасов складчатых и других сложно построенных залежей, формы которых резко искажаются при проектировании на плоскость.

Метод эксплуатационных блоков применяется для подсчета запасов месторождений рудных и неметаллических полезных ископаемых, разведанных горными выработками. Под эксплуатационными понимаются блоки,

оконтуренные горными выработками с двух, трех или четырех сторон и соответственно детально опробованные. Блокировку производят так, чтобы запасы можно было легко группировать по эксплуатационным блокам: этажам, уступам карьеров и т.п.

Графические построения сводятся к составлению продольных проекций залежей. Запасы полезного ископаемого по каждому эксплуатационному блоку определяют как произведение его площади на среднюю горизонтальную (или вертикальную) мощность и на среднюю объемную массу полезного ископаемого, а запасы полезного компонента - как произведение запасов полезного ископаемого на среднеблочное содержание полезного компонента.

15.3. Способ разрезов (сечений)

Применяется для подсчета запасов, главным образом, месторождений сложной формы, - разведанных системами разведочных выработок, на основании которых можно построить вертикальные геологические разрезы или погоризонтные планы. Сущность метода заключается в способе определения объема блока. В отличие от других методов он определяется не по площади залежи и ее мощности, а по площади сечений залежи (вертикальных - метод вертикальных сечений, или горизонтальных - метод горизонтальных сечений) и расстоянию между сечениями. Контуры рудных залежей или зон отстраиваются в плоскостях геологических разрезов, а границы подсчетных блоков совпадают с плоскостями разрезов. Запасы подсчитываются отдельно в каждом блоке, а затем суммируются (рис. 15.2.).

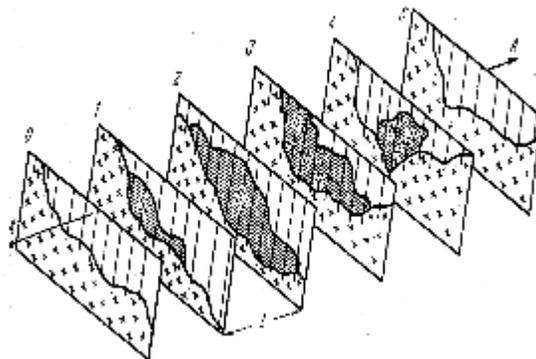


Рис. 15.2.Схема подсчета запасов способом разрезом (по В.В. Шевелеву).
Заштрихованы фактические площади сечений рудного тела в разведочных сечениях.

Способ разрезом обеспечивает наиболее правдоподобное преобразование объемов залежей, а совмещение подсчетных и геологических разрезов в одной плоскости способствует полному учету геологических особенностей месторождения при проведении контуров промышленной минерализации. В

случае, если разрезы не параллельны, вводятся поправки за непараллельность разрезов.

Для вычисления объемов блоков между разрезами, расположенными друг от друга на расстоянии l , в зависимости от форм и соотношения площадей продуктивных залежей S_1 и S_2 применяются формулы призмы (если площади обоих сечений примерно равновелики:

$$V = \frac{S_1 + S_2}{2} l$$

В зависимости от характера выклинивания крайних блоков, которые опираются лишь одной стороной на разведочный разрез, объем их вычисляется по формуле конуса или клина.

Площади залежей измеряются непосредственно на разрезах с помощью планиметра или палетки. Определение площади палеткой может применяться только для крупных блоков перекрываемых десятками точек. Для перехода от объема к запасу руды и запасу металла определяются средние показатели объемной массы и содержания по сечениям, на которые опираются блоки, а затем средние значения для блока.

Часто возникает необходимость разделения подсчетных блоков на более мелкие блоки, например, по категориям запасов, сортам и типам сырья. Для этого соответствующие частные блоки оконтуриваются по разведочным линиям и выделяются на разрезах, а объемы их вычисляются по указанным выше формулам. Способ разрезов на практике применяется очень широко, а для месторождений сложной формы он является наиболее рациональным.

Основные недостатки этого способа: при определении объема блока данные о контуре тела между сечениями не принимаются во внимание (предполагается, что площадь от одного сечения к другому изменяется линейно), а также не учитываются данные опробования между сечениями. Чем сложнее форма тела в плане и чем сложнее распределение ценного компонента, тем в большей степени приобретают отрицательное значение указанные недостатки рассматриваемого способа.

Линейный метод. Этот метод является разновидностью (вариантом) способа разрезов (сечений) и наиболее широко применяется на россыпных месторождениях. Известны две методики подсчета запасов: с опорой на одну линию, когда каждый блок опирается на один разрез, с экстраполяцией его данных в обе стороны от линии разреза; с опорой на две линии, когда блоки опираются на две линии, за исключением двух крайних блоков - правого и левого при вертикальных разрезах. Эти последние блоки опираются лишь одной стороной на разведочный разрез, с другой ограничиваются экстраполяционными поверхностями по геологическим или иным соображениям. При разведке россыпных месторождений чаще применяется второй вариант (с опорой

блока на две линии), т.к. в этом случае повышается степень достоверности определений запаса песков (горной массы) и полезного компонента за счет увеличения числа разведочных пересечений по каждому блоку.

Подсчет запасов линейным методом распадается на два этапа. Вначале подсчитываются так называемые линейные запасы в пределах условных пластин, соответствующих по площадям каждому разведочному разрезу толщиной 1 м; затем путем усреднения данных по разрезам, ограничивающих блоки, находят значения подсчетных параметров для каждого блока.

Подсчет ведется в следующем порядке.

1. Определяются запасы участков, расположенных между двумя выработками на разведочной линии.

2. Запасы участков в пределах разведочной линии суммируются, что дает запасы в ленте шириной 1 м.

3. На основании данных о запасах в разрезах по разведочным линиям, определяются запасы в блоках.

Общие запасы определяются путем суммирования запасов по отдельным подсчетным блокам.

15.4. Статистический способ

Применяется для подсчета запасов месторождений с крайне неравномерным гнездовым распределением основных ценных компонентов, если обычные способы опробования и подсчета запасов не обеспечивают получения представительных данных. Сущность способа заключается в том, что по результатам разведочно-эксплуатационных работ определяется среднее количество ("выход") полезного компонента, приходящегося на единицу площади или объема залежи. Выход полезного компонента характеризует продуктивность изученного участка. Для подсчета запасов преимущественно по категории C_2 среднюю величину продуктивности распространяют на всю потенциально рудоносную площадь или объем. При подсчете статистическим способом определяются не геологические, а извлекаемые запасы полезного ископаемого, что не соответствует принципам учета и подсчета запасов в недрах. Для того, чтобы оценить запасы по их состоянию в недрах, к извлекаемым запасам нужно прибавить запасы, заключенные во всех видах потерь, которые определяются эксплуатационным путем.

Статистический способ подсчета запасов применяется как вынужденный прием, когда другие методы подсчета не обеспечивают надежных данных вследствие весьма малых размеров скоплений ценных компонентов, которые изолированы друг от друга и рассеяны в массе вмещающих пород (например, месторождений пьезокварца и др.), а также - при подсчете запасов отдельных сортов и типов руд и оценке прогнозных ресурсов категории P_1 .

15.5. Поправочные коэффициенты к подсчету запасов

При подсчете запасов нередко применяют поправочные коэффициенты, которые условно можно разделить на две группы: поправочные коэффициенты, учитывающие особенности геологического строения месторождения (коэффициент рудоносности, коэффициент валунистости, каменистости, льдистости россыпей, закарстованности карбонатных пород) и поправочные коэффициенты, связанные с низким качеством геологоразведочных работ и опробования. Эти коэффициенты неизбежны при подсчете запасов сложных месторождений, особенно по низким категориям, когда имеются немногие разведочные пересечения.

Коэффициент рудоносности является наиболее распространенным поправочным коэффициентом, выражающий собой отношение длины рудных интервалов по скважинам или горным выработкам (l_p) к общей длине пересечений в пределах продуктивной зоны - в границах промышленного оруденения (l_o):

$$K_p = \frac{l_p}{l_o}$$

Разновидностями коэффициента рудоносности (продуктивности) можно назвать коэффициенты: валунистости, каменистости, льдистости россыпей, а также коэффициент закарстованности карбонатных пород.

Коэффициент к определению содержания полезного компонента является следствием систематической погрешности результатов рядового опробования и определяется недостатками методики и техники разведочных работ (неточность анализов, избирательное истирание керна, занижение содержаний при разведке россыпей бурением и др.). Погрешности в определении содержаний устанавливаются контрольным опробованием или контрольными анализами. Величина коэффициента вычисляется по формуле:

$$K = \frac{C_k}{C_o}$$

где C_o - среднее содержание компонента по рядовым пробам, C_k - среднее содержание по контрольным пробам.

Коэффициент к определению мощности рудных тел. Этот коэффициент вводится на уточнение замеров мощности рудных тел при разведке бурением вследствие неполного выхода керна, неучтенного искривления сква-

жин и других причин. В этих случаях мощность уточняется по данным горных работ, а также, где это возможно, - по данным каротажа. Величина мощности рудного тела, определенного бурением, корректируется при помощи поправочного коэффициента, который может иметь величину как больше, так и меньше единицы.

Коэффициент к определению объемной массы применяется, когда установлена систематическая погрешность его определения лабораторным способом. Обычно контрольные определения объемной массы осуществляются на больших массах полезного ископаемого - по валовым пробам. Этот коэффициент определяется как отношение:

$$K = \frac{d_{\kappa}}{d_{\lambda}}$$

где d_{κ} - объемная масса по контрольным измерениям; d_{λ} - средняя объемная масса по лабораторным измерениям.

Поправочные коэффициенты должны вводиться в расчеты по каждой пробе из числа тех, которым оказалась свойственна погрешность соответствующих определений. Если же контрольные исследования проведены на участке, где имеются отклонения контрольных определений разного знака от первоначальных, то поправочный коэффициент должен вводиться для уточнения данных по группе проб, отобранных с данного участка, но не к каждой отдельной пробе.

15.6. Особенности подсчета запасов с использованием ЭВМ

В последнее время для целей подсчета запасов достаточно широко применяется ЭВМ. Наметилось два принципиально различных пути использования ЭВМ:

- разработка программ, механизующих расчетные операции на традиционной основе;
- создание полностью автоматизированных систем подсчета (АС).

Механизация подсчетных операций (выводы средних мощностей, средних содержаний и т.д.), не дает большого выигрыша во времени и дополнительной информации. Второй путь сложнее, но перспективней.

Подсчет запасов с использованием ЭВМ позволяет: оптимизировать выделение рудных интервалов, что улучшает качество оконтуривания, исключить многочисленные арифметические ошибки, резко сократить время на подсчет запасов. В то же время применение более сложных способов не сопровождается существенным увеличением точности, т.к. ЭВМ используется в данном

случае только как более совершенное техническое средство счета. В свою очередь обработка материалов внутреннего и внешнего контроля опробования, повариантный расчет бортового содержания, анализ разведочной сети, корреляционные связи с применением ЭВМ значительно сокращает время операций. При вычислении среднеблочных значений могут широко использоваться уравнения множественной регрессии или различные модификации крайгинга, применение которых невозможно без ЭВМ. Основная трудность перехода к автоматизированной системе подсчета запасов заключается в том, что некоторые операции (геометризация и блокировка запасов), не поддаются автоматизации и требуют обязательно вмешательства специалиста. Это, в свою очередь, приводит к нерациональному, прерывистому режиму работы ЭВМ. Кроме того, большие затраты времени и труда связаны не столько с подсчетами, сколько с подготовительными операциями. Поэтому для эффективного использования ЭВМ необходима широкая автоматизация всех стадий сбора и обработки первичной документации. Это предусматривают современные компьютерные системы обработки горно-геологической информации в частности: ДАТАМАЙН, МИКРОМАЙН, СЮРПЕК и др.

ЛЕКЦИЯ 16

План лекции

- 1. Технико-экономическое обоснование (ТЭО) промышленного значения месторождения.**
- 2. Части ТЭО (геологическая, горнотехническая, технологическая, вопросы охраны окружающей среды, подсчет запасов, экономическая).**
- 3. Показатели эффективности освоения месторождения.**

16.1. Технико-экономическое обоснование промышленного значения месторождения

Геолого-экономическая оценка включает разработку кондиций и выполняется в виде технико-экономического обоснования (ТЭО) промышленного значения месторождения, в состав которого входят обязательные части: геологическая; горнотехническая; технологическая; вопросы охраны окружающей среды; подсчет запасов; экономическая.

16.2. Части ТЭО

Геологическая часть включает разделы: географо-экономическая характеристика района; геологическое строение района; геологическое строение месторождения; методика геологоразведочных работ; методика и техника геофизических работ; принятая методика опробования; аналитические работы; гидрогеологические и инженерно-геологические условия. Содержания некоторых разделов ниже раскрыты более полно.

Методика геологоразведочных работ. Приводятся сведения о проведенной топографической съемке, системе координат и привязке разведочных выработок. Изученность месторождения: геологическая съемка, геохимические и геофизические исследования, проходка шурфов, канав. Система разведки, плотность разведочной сети, обоснование участка, разведанного по более высокой категории, сводная таблица видов и объемов геологоразведочных работ, объем выработок, участвующих в подсчете запасов.

Глубины, диаметры и конструкции разведочных скважин, способ и технология бурения, результаты замеров зенитных и азимутальных искривлений скважин. Выход керна, интервалы с низким выходом керна, представительность керна избирательное истирание керна, поправочные коэффициенты, выход шлама весовой или объемный при шарошечном или ударном бурении.

Методика и техника геофизических работ, основные результаты, случайные и систематические погрешности геофизических измерений.

Принятая методика опробования буровых скважин и горных выработок, качество опробования, оценка достоверности результатов, наличие систематических погрешностей, поправочные коэффициенты, схема обработки проб, групповые пробы, метод их составления.

Аналитические работы: объемы, методы проведения основных, контрольных и арбитражных анализов, соответствие их действующим стандартам или другим нормативным документам. Результаты обработки данных контроля, качество анализов, оценка влияния низкого качества анализов на результаты подсчета запасов (определение мощности, площади рудных тел, содержания и т.п.). Обоснованность предлагаемых поправочных коэффициентов. Методы и число определений объемной массы и естественной влажности для различных типов и сортов полезных ископаемых. Обоснование значений объемной массы, принятых для подсчета запасов.

Гидрогеологические и инженерно-геологические условия.

Горнотехническая часть обосновывает выбор способа разработки месторождения. Оценке подлежат следующие варианты добычи:

- открытым способом;
- подземным способом;
- открытым и подземным (комбинированным) способом;
- геотехнологическими методами.

Выбор способа разработки месторождения (за исключением геотехнологических методов) производится методом вариантных расчетов или аналитически с использованием граничного (предельного) коэффициента вскрыши. Обычно он определяется исходя из равенства себестоимости добычи полезного ископаемого открытым и подземным способами.

При предварительных геолого-экономических оценках для определения оптимальной продолжительности работы горного предприятия (T) используют эмпирические формулы Тейлора:

$$T = 0,2 \cdot \sqrt[4]{\text{запасы руды (т)}, \text{ или}} \\ T = 0,65 \cdot \sqrt[4]{\text{запасы руды (млн.т.)}}$$

Согласно «Единым нормам технологического проектирования» годовая производительность предприятия (рудника) в зависимости от сроков эксплуатации должна быть следующей (табл.16.1):

Таблица 16.1

Сроки эксплуатации предприятия в зависимости от его производительности

Годовая мощность предприятия, тыс.т	до 300	300-1000	1000-2000	> 2000
Минимальный срок существования предприятия, лет	10	15	20	30-40

Величины потерь и разубоживания определяются, как правило, в значениях, достигнутых на предприятиях – аналогах, при этом следует руководствоваться «Типовыми методическими указаниями по определению, нормированию, учету и экономической оценке потерь твердых полезных ископаемых при их добыче». На основе принятых уровней потерь и разубоживания выполняется расчет промышленных и эксплуатационных запасов. К промышленным относятся запасы месторождения за вычетом проектных потерь, а к эксплуатационным – промышленные запасы с учетом разубоживания.

Исходя из принятых проектных решений и рассчитанных параметров, определяются объемы основных фондов рудника.

В технологической части приводятся объемы и виды технологических исследований, показатели выбранной технологической схемы (схем): качество получаемой товарной продукции, ее выход от исходного минерального сырья, по рудным месторождениям - извлечение основных и попутных компонентов в товарную продукцию в процентах. Производительность обогатительной фабрики принимается равной годовой производительности рудника по руде. Дается содержание попутных компонентов в продуктах обогащения, баланс распределения каждого попутного компонента по минералам и продуктам. Определяется состав и свойства отходов основного производства, возможность их промышленного использования, целесообразность учета количества отдельных видов отходов или утверждения их запасов.

Вопросы охраны окружающей среды и экологическое обоснование проектов кондиций разрабатывается на базе материалов, собранных в процессе специализированных исследований в период изучения (разведки) месторождения. Разработка экологического обоснования проектов разведочных кондиций осуществляется в соответствии с "Методическими указаниями к экологическому обоснованию проектов разведочных кондиций на минеральное сырье".

Основные результаты проведения предпроектной стадии экологического обоснования помещаются в специальном разделе "Экологическое обоснование предполагаемой хозяйственной деятельности" общей пояснительной записки, к которой прикладываются копии документов о согласовании предпроектных решений с заинтересованными организациями, органами государственного надзора.

Подсчет запасов. Обосновывается принятый метод подсчета запасов, кондиции, принятые для подсчета запасов, принципы оконтуривания тел полезных ископаемых, отступления от принятых кондиций при оконтуривании, обоснование принятых контуров тел полезных ископаемых. Дается обоснование выделения подсчетных блоков и категорий запасов, методика определения средней величины подсчетных параметров, объемов блоков, обоснования применяемых поправочных коэффициентов, методика выявления и ограничения выдающихся ("ураганных") содержаний полезных компонентов. Принятые методы подсчета запасов попутных полезных компонентов.

При наличии на месторождении нескольких сортов руд, требующих отдельной добычи и переработки, для каждого сорта руд обосновываются соответствующие кондиции.

Прилагаются результаты повариантных подсчетов запасов руды и полезных компонентов (табл.16.2).

В экономической части обосновываются технико - экономические показатели освоения месторождения. Для геолого-экономической оценки месторождения и обоснования подсчетных параметров кондиций первостепенное значение имеет обоснованность размеров капитальных вложений в освоение месторождения и эксплуатационных расходов.

Основными элементами капитальных затрат при строительстве горнодобывающего (горно-обогатительного) предприятия являются:

- капиталовложения в промышленное и гражданское строительство;
- затраты на приобретение, транспортировку и монтаж оборудования;
- природовосстановительные затраты в процессе строительства;
- оборотные средства (оборотный капитал).

Капитальные вложения подразделяются на две части: промышленного и непромышленного назначения. Созданные основные фонды предприятия также подразделяются на фонды промышленного и непромышленного назначения. В капитальные вложения промышленного назначения входят затраты на изыскательские и подготовительные работы, строительство зданий и сооружений (шахт, обогатительных фабрик, иногда металлургического завода,

энергохозяйства и др.), горнокапитальные работы, приобретение и монтаж оборудования.

Таблица 16.2

Результаты повариантных подсчетов запасов руды и полезных компонентов

Показатели	Единица измерения	Варианты бортового содержания		
		1	II	III
1	2	3	4	5
Запасы руды в недрах	тыс.т			
Категория $A+B+C_1$				
Категория C_2	"			
Категория $A+B+C_1+C_2$	"			
Среднее содержание полезного компонента				
Запасов категории $A+B+C_1$	%, г/т			
Запасов категории C_2	"			
Запасов категории $A+B+C_1+C_2$	"			
Запасы полезного компонента				
категории $A+B+C_1$	тыс.т.			
категории C_2	"			
категории $A+B+C_1+C_2$	"			

При определении величины капитальных вложений в промышленное строительство предпочтительными являются прямые сметные оценки затрат. Прямым счетом целесообразно определять капитальные вложения в горнокапитальные работы, затраты на приобретение и монтаж оборудования; капитальные вложения в строительство рудника и фабрики определяются, исходя из годовой производительности и удельных затрат на 1 т производственных мощностей на предприятиях – аналогах с соответствующей корректировкой (на местные условия, изменения цен на материалы и т.д.). Важное значение для оценки имеют не только общие, но и удельные капитальные вложения на единицу (на 1 т руды, на 1 м³ песков)

$$K_{y\partial} = \frac{K_{общ}}{A_{год}},$$

где $K_{общ}$ – общие капиталовложения; $A_{год}$ – годовая производственная мощность предприятия. Капитальные вложения в строительство объектов не-промышленного назначения определяются, исходя из численности персонала и удельных затрат на 1 человека.

Эксплуатационные затраты, связанные с добычей и обогащением полезного ископаемого, определяют себестоимость продукции горного предприятия.

Основными составляющими эксплуатационных затрат являются:

- заработная плата;
- начисления на заработную плату;
- стоимость сырья и материалов;
- затраты на электро- и тепловую энергию;
- текущие затраты на природовосстановление;
- ремонт и содержание основных фондов;
- амортизационные отчисления;
- управленческие расходы.

Для определения амортизационных отчислений основные производственные фонды делятся на две части:

а) основные фонды, связанные со вскрытием, подготовкой и обработкой запасов полезного ископаемого (в частности, горно-капитальные выработки и др.). Начисления амортизации по ним производится по потонной ставке – отчислением на тонну погашенных запасов полезного ископаемого;

б) остальные основные фонды предприятия - машины, оборудования, транспорт и т.п., начисления амортизации по которым осуществляются в общем порядке по единым нормам для данного вида основных средств;

Эксплуатационные затраты делятся на *переменные* (зарплата, материалы и т.п.), абсолютная величина которых меняется пропорционально изменению объемов производства, а относительная величина на единицу продукции остается неизменной, и *условно-переменные* (цеховые и общерудничные) расходы, абсолютная величина которых практически не меняется в зависимости от объемов производства, а относительная (в расчете на единицу продукции), напротив - изменяется.

Эксплуатационные затраты состоят из цеховых, общекомбинатских, внепроизводственных и затрат по охране окружающей среды.

Цеховые эксплуатационные затраты определяются в зависимости от годовой производительности и условий разработки месторождения.

Общекомбинатские расходы зависят от цеховой себестоимости добычи и обогащения и составляют обычно 8-10% от цеховых расходов.

Затраты по охране окружающей среды рассчитываются отдельно, в зависимости от характера производственной деятельности, и включаются в эксплуатационные затраты.

16.3. Показатели эффективности освоения месторождений

Приводятся показатели эффективности освоения месторождения, обосновывается оптимальный вариант освоения месторождения и его про-

мышленное значение на основе сопоставления его технико-экономических показателей при различных значениях бортового содержания. Поскольку варианты освоения месторождения являются альтернативными инвестиционными проектами, то выбор оптимального из них осуществляется по критерию обращения в максимум показателя чистого дисконтированного дохода или чистой дисконтированной прибыли.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В России доля сырьевого (горно-металлургического и энергетического) сектора экономики наиболее значима. Лидирующая роль отраслей завязанных на минерально-сырьевых ресурсах будет отмечаться ещё не одно десятилетие. В этой связи роль поисков, оценки и разведки месторождений полезных ископаемых будет неуклонно возрастать.

В новых геологических условиях перед геологами ставится очень сложная задача: оперативно, на основании ограниченного количества скважин и горных выработок дать оценку месторождению полезных ископаемых, т.е., располагая минимальной геологической информацией, определить размеры, внутреннее строение и условия залегания тел полезного ископаемого, технологические свойства руд, оконтурить и подсчитать запасы. На основании полученных данных дать геолого-экономическую оценку, т.е. составить технико-экономическое обоснование промышленной ценности месторождения.

Это, в свою очередь, требует повышения качества проведения геолого-разведочных работ: более широкое применение геофизических методов исследования, в том числе для оперативного опробования месторождений полезных ископаемых; ЭВМ для выявления закономерностей размещения оруденения; внедрение современных экспрессных методов исследования проб и т.д.

Снижение сроков на проведение поисковых, оценочных и разведочных работ позволяет привлекать в геологоразведочную отрасль финансы предприятий - недропользователей и кредиты финансовых учреждений. Поиски и разведка месторождений полезных ископаемых должны стать инвестиционно привлекательными.

Россия обладает многими разведанными и достаточно крупными месторождениями важных для страны полезных ископаемых, однако их освоение требует громадных капиталовложений. Поэтому, в первую очередь, усилия геологов должны быть направлены на выявление и оценку новых месторождений в освоенных районах с созданной ранее инфраструктурой, в районах действующих предприятий, главным образом, для открытого и геотехнологического способов разработки. Усилия геологов-поисковиков и разведчиков должны быть направлены также, на поиски и разведку дефицитного для России сырья – урана, марганца, хрома и др. Другим, не менее важным направлением, должна стать оценка техногенного сырья, т.е. скоплений минеральных веществ, образовавшихся в результате складирования отходов добычи полезных ископаемых (некондиционные руды, вскрышные и вмещающие породы), обогатительного (хвосты, шламы), металлургического (шлаки, золы, кеки) и других производств. Использование техногенных минеральных ресурсов является одним из резервов обеспечения горно-металлургической отрасли.

Список рекомендуемой литературы

Авдонин В.В., Бойцов В.Е. и др. Месторождения металлических полезных ископаемых. ЗАО «Геоинформарк; М. 1998, 270 с.

Белобородова О.Н. Геоинформационные системы в геологии: методические указания к выполнению курсовой работы для студентов геологических специальностей. Красноярск, 2006. 27 с.

Богданович В.А., Стримжа Т.П. Разведка и геолого-экономическая оценка месторождений полезных ископаемых. Учебное пособие. Красноярск, 2001. 114 с.

Временные методические рекомендации по геолого-экономической оценке промышленного значения месторождений твердых полезных ископаемых (кроме угля и горючих сланцев). М.: 1998. 28 с.

Временное руководство по содержанию, оформлению и порядку представления на государственную экспертизу технико-экономических обоснований ТЭО кондиций на минеральное сырье. М.: 1997

Ермолов В.А. Геология. Ч.II. Разведка и геолого-промышленная оценка месторождений полезных ископаемых. М.: МГГУ, 2005. 391 с.

Инструкция по составлению проектов и смет на геологоразведочные работы. М.: 1993.

Коробейников А.Ф., Кузубный В.С. Прогнозирование и поиски месторождений полезных ископаемых. Томск, 1998. 309 с.

Макаров В.А. Основы поисков и разведки месторождений полезных ископаемых. Учебное пособие, ГОУ ВПО «Гос. Ун-т. цвет металлов и золота», Красноярск, 2005. 164 с

Милютин А.Г. Геология. М.: Высшая школа, 2004. 412 с.

Положение о порядке проведения геолого-разведочных работ по этапам и стадиям (твердые полезные ископаемые). ГКЗ МПР, М.: 1999. 28 с.

Самородская М.А. Компьютерная картография. Применение геоинформационных систем в геологии. ГУЦМиЗ, Красноярск, 2006, 96 с.

Сборник нормативно-методических документов по геолого-экономической оценке месторождений полезных ископаемых. М.: ГКЗ, 1998. 575 с.

Сборники сметных норм.ССН. Вып.1-11.М.: ВИЭМС. 1992-93гг.

Стримжа Т.П., Макаров В.А. Основы поисков и разведки месторождений полезных ископаемых / Методические указания к лабораторным работам. ГУЦМиЗ, Красноярск, 2005. 50 с.

Шевелев В.В. Разведка и геолого-экономическая оценка месторождений полезных ископаемых. Иркутск, 2004. 365с.

Периодические издания (в библиотеке вуза):

- а) Геология рудных месторождений
- б) Геология и геофизика и др.