

Г. В. Лебедев

**ПОИСКИ И РАЗВЕДКА
МЕСТОРОЖДЕНИЙ
ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ**

**Том 1
Прогнозирование
и поиски месторождений**

Пермь 2017

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«ПЕРМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Г. В. Лебедев

**ПОИСКИ И РАЗВЕДКА
МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ**

Том 1

Прогнозирование и поиски месторождений

*Допущено методическим советом
Пермского государственного национального
исследовательского университета в качестве
учебного пособия для студентов, обучающихся
по направлению подготовки бакалавров «Геология»
и специальности «Прикладная геология»*



Пермь 2017

УДК 550.8+553
ББК 26.34; 33
Л33

Лебедев Г. В.

Л33 Поиски и разведка месторождений полезных ископаемых: учеб. пособие: в 2 т. / Г. В. Лебедев; Перм. гос. нац. исслед. ун-т. – Пермь, 2017. – Т. 1: Прогнозирование и поиски месторождений. – 220 с.: ил.

ISBN 978-5-7944-3004-2

В томе 1 учебного пособия изложены организационно-правовые основы геологоразведочных работ, рассматривается их стадийность, геолого-промышленная типизация месторождений. Охарактеризованы факторы, определяющие промышленную ценность месторождений, критерии их прогнозирования и методы поисков.

Пособие предназначено для студентов, обучающихся по направлению подготовки бакалавров «Геология», по специальности «Прикладная геология» и другим университетским геологическим специальностям. Может быть использовано магистрантами, аспирантами, специалистами-геологами при организации и проведении прогнозных и поисковых работ на твердые полезные ископаемые.

УДК 550.8+553
ББК 26.34; 33

*Печатается по решению редакционно-издательского совета
Пермского государственного национального исследовательского университета*

Рецензенты: АО «Геологические технологии Сибири» (г. Красноярск);
д-р геол.-минерал. наук, зав. лабораторией геологии месторождений полезных ископаемых Горного института
УрО РАН **И. И. Чайковский**

ISBN 978-5-7944-3004-2

© Лебедев Г. В., 2017
© ПГНИУ, 2017

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	5
Введение	7
1. Организационно-правовые основы геологоразведочных работ	10
1.1. Основные понятия.....	10
1.2. Основы законодательства Российской Федерации о недрах	12
1.3. Геолого-промышленные типы месторождений	22
1.4. Общие сведения о прогнозных ресурсах и запасах полезных ископаемых	28
1.5. Стадийность геологоразведочных работ	30
2. Факторы, определяющие промышленную ценность месторождений	34
2.1. Количество запасов	34
2.2. Концентрация запасов	42
2.3. Качество полезного ископаемого	43
2.4. Горнотехнические условия эксплуатации месторождения	48
2.5. Изменчивость геолого-промышленных параметров залежей	52
2.6. Гидрогеологические и инженерно-геологические условия разработки	53
2.7. Физико-географические и экономико-географические условия	55
2.8. Себестоимость товарной продукции, конъюнктура рынка, рентабельность предприятия	56
3. Геологические основы прогнозирования месторождений полезных ископаемых	57
3.1. Общие положения.....	57
3.1.1. Минерагеническое районирование земной коры...	57
3.1.2. Виды геологического прогноза.....	62
3.2. Поисковые критерии прогнозирования.....	65
3.2.1. Поисковые предпосылки.....	66
3.2.2. Поисковые признаки.....	78
3.3. Прогнозно-поисковые модели месторождений	100

4. Методы поисков месторождений полезных ископаемых	105
4.1. Наземные методы поисков.....	106
4.1.1. Геологическая съемка как важнейший метод поисков	106
4.1.2. Поиски, основанные на изучении ореолов и потоков механического рассеяния	107
4.1.3. Геохимические методы поисков	124
4.1.4. Геофизические методы поисков	161
4.1.5. Экзотические методы поисков	171
4.1.6. Горно-буровые методы поисков	177
4.2. Дистанционные методы поисков	178
4.3. Подводные методы поисков.....	185
4.4. Выбор рационального комплекса поисковых работ.....	190
4.5. Оценка результатов поисковых работ.....	197
4.5.1. Составление отчета о поисковых работах	197
4.5.2. Методы оценки прогнозных ресурсов	199
4.6. Охрана окружающей среды при проведении поисковых работ	204
5. Организация и проектирование прогнозно-поисковых и поисковых работ	206
5.1. Геологическое задание.....	206
5.2. Проект.....	207
5.2.1. Методическая часть.....	207
5.2.2. Производственная часть проекта	214
5.2.3. Определение стоимости работ и составление сметы	215
Список литературы	217

Предисловие

В учебном пособии обобщен более чем сорокалетний опыт преподавания учебной дисциплины «Поиски и разведка месторождений полезных ископаемых» на кафедре поисков и разведки полезных ископаемых Пермского государственного национального исследовательского университета. Для студентов-геологов, обучающихся по направлению «Геология» (профилизация «Геология») и специальности «Прикладная геология», эта дисциплина является базисной, определяющей профиль их специальной подготовки. В ней синтезированы знания по всем изучаемым на факультете наукам как геологического, так естественно-научного цикла.

Следует отметить, что хотя по данному предмету имеется много учебных изданий, однако они не всегда соответствуют современным требованиям. В значительной степени это связано с произошедшими в стране изменениями в экономике, которые хотя и не привели к кардинальной ломке логических основ поисков и разведки месторождений, но потребовали создания новых нормативных и методических документов, следование которым стало обязательным при проведении геологоразведочных работ.

В пособии изложены методы поисков и разведки только твердых полезных ископаемых. Что касается жидких и газообразных полезных ископаемых, то методы их изучения являются предметом других учебных дисциплин. В частности, дисциплины «Методы поисков и разведки месторождений нефти и газа».

При разработке учебного пособия автор сознательно отошел от действующего порядка проведения геологоразведочных работ, принятого для твердых полезных ископаемых (1999). Так, геологоразведочные работы, выполняемые на «Стадии 3. Оценочные работы» изложены во втором томе пособия, названном «Разведка месторождений», а не в первом – «Прогнозирование и поиски месторождений». Между тем согласно действующему

положению Минприроды РФ «Стадия 3. Оценочные работы» вместе со «Стадией 2. Поисковые работы» включается в состав «Этапа II. Поиски и оценка месторождений». Рассмотрение оценочных работ в первой части пособия совместно с поисками представляется нецелесообразным, поскольку методически поисковые и оценочные работы существенно отличаются. Исследования «Стадии 3. Оценочные работы» в целом аналогичны работам, проводимым на «Стадии 4. Разведка месторождения». Отличаются они в основном объемом геологоразведочных работ и, в частности, плотностью разведочной сети. Внимательный анализ содержания стадий «3. Оценочные работы» и «4. Разведка месторождения» позволяет заключить, что они практически полностью совпадают соответственно со стадиями «Предварительная разведка» и «Детальная разведка» ранее действовавшей стадийности геологоразведочных работ (1984). Рассмотрение оценочных работ в одном томе совместно с поисковыми работами привело бы к необходимости дублирования излагаемого материала.

Автор глубоко признателен коллегам по кафедре и профессору Р. Г. Ибламинову за ценные советы и всестороннюю поддержку в издании данной работы.

Замечания и пожелания по улучшению книги прошу направлять по адресу: 614990, г. Пермь, ул. Букирева, 15, Пермский государственный национальный исследовательский университет, геологический факультет, кафедра поисков и разведки полезных ископаемых; e-mail: poisk@psu.ru.

Введение

Минерально-сырьевой комплекс является базисом для развития современного производства, который во многом определяет уровень развития мировой экономики в целом и отдельных стран в частности. Он служит основой развития важнейших отраслей промышленного производства: энергетики, металлургии, химической промышленности, строительной индустрии и др. Добыча и экспорт минерального сырья и продуктов его переработки – одна из главнейших статей дохода таких стран, как Австралия, Бразилия, Иран, Ливия, Канада, ОАЭ, Россия, ЮАР и др. Ежегодный объем продукции мирового минерально-сырьевого комплекса по экспертным оценкам составляет 1,3–1,5 трлн. долларов, из которого 75% приходится на долю топливно-энергетических ресурсов.

Минерально-сырьевой комплекс РФ занимает ведущее место в экономике страны, обеспечивая более 50% доходной части федерального бюджета. На его долю приходится порядка 33% валового внутреннего продукта и 12–15% общемирового горного производства (Е. А. Козловский, 2011).

Главным компонентом минерально-сырьевого комплекса является *минерально-сырьевая база* – совокупность всех видов минеральных ресурсов, заключенных в разведанных и предварительно оцененных запасах и прогнозных ресурсах. Неотъемлемой частью минерально-сырьевого комплекса являются производственные структуры, осуществляющие геологоразведочные работы, добычу и переработку минерального сырья. Формирование, масштаб, номенклатура и надежность минерально-сырьевой базы помимо природных условий определяются уровнем развития геологической науки и практики, объемами и видами геологических исследований и геологоразведочных работ, их системностью и непрерывностью.

Устойчивое функционирование минерально-сырьевого комплекса обеспечивается выполнением двух обязательных условий состояния минерально-сырьевой базы. Первое условие (с учетом вероятной результативности геологоразведочных работ): необходимость значительного превышения объемов прогнозных ресурсов над оцененными запасами и такое же превы-

шение оцененных запасов над разведанными. Второе условие: непрерывное восполнение разведанных запасов по мере их использования и переток прогнозных ресурсов в оцененные и разведанные запасы. Динамическое взаимодействие компонентов минерально-сырьевой базы обеспечивается опережающими геологоразведочными работами, которые гарантируют устойчивое и долгосрочное функционирование минерально-сырьевого комплекса.

Геологоразведочные работы, проводимые с целью наращивания и возобновления ресурсного потенциала, включают прогнозирование, поиски и разведку месторождений. Для успешной работы горнодобывающих предприятий, являющихся поставщиками минерального сырья, геологическое сопровождение добычных работ является обязательным. Методика решения указанных задач рассматривается в учебной дисциплине «Поиски и разведка месторождений полезных ископаемых», которая является одной из главных в подготовке специалистов-геологов: в ней синтезированы знания практически по всем дисциплинам, изучаемым на геологическом факультете – геологические, технические, математические, экономические и др.

Поиски и разведке месторождений полезных ископаемых – это прикладная геолого-экономическая наука, исследующая методы наиболее эффективного выявления промышленно-ценных скоплений полезных ископаемых и способы их геолого-экономической оценки. Ее геологическую основу составляет учение о полезных ископаемых. *Предметом* изучения являются участки недр, которые содержат или могут содержать промышленные скопления полезных ископаемых.

Цель изучения дисциплины – овладение теоретическими и методическими основами прогнозирования, поисков, разведки и геолого-экономической оценки месторождений твердых полезных ископаемых.

Основные *задачи* изучения учебного курса:

1. Изучение основ организации геологоразведочных работ и задач геологической службы на разных стадиях геологоразведочного процесса.

2. Овладение методикой геологического прогнозирования месторождений полезных ископаемых.

3. Освоение методики поисков месторождений полезных ископаемых.

4. Овладение методами разведки и опробования месторождений полезных ископаемых.

5. Изучение принципов геолого-экономической оценки месторождений.

Научные основы поисков и разведки месторождений полезных ископаемых созданы трудами нескольких поколений отечественных ученых. Большой вклад в эту область знаний внесли такие выдающиеся геологи, как Г. Д. Ажгирей, М. Н. Альбов, Н. В. Барышев, П. Л. Каллистов, А. Г. Бетехтин, Ю. А. Билибин, В. М. Борзунов, А. Б. Каждан, В. И. Красников, В. М. Крейтер, С. В. Купман, В. А. Обручев, Е. О. Погребницкий, А. П. Прокофьев, В. И. Смирнов, С. С. Смирнов, А. А. Якжин и многие другие. Среди известных специалистов в области поисков и разведки месторождений полезных ископаемых последних десятилетий следует назвать В. В. Авдонина, В. В. Аристова, А. Г. Баранникова, В. Е. Бойцова, В. Н. Волкова, С. В. Григоряна, А. И. Кривцова, А. Г. Милютина, В. Ф. Мягкова, Л. М. Петруху, Г. С. Поротова, Л. И. Четверикова и др. Большинство из перечисленных ученых являются авторами учебников и учебных пособий по рассматриваемой дисциплине.

Существенный вклад в разработку методов поисков и разведки месторождений внесли и ученые геологического факультета Пермского университета. Среди них следует особо отметить И. П. Шарاپова – автора монографии «Применение математической статистики в геологии», В. Ф. Мягкова – автора учебника «Рудничная геология». Широко известной является пермская школа геологов-россыпников, созданная Б. С. Луневым и успешно развивающаяся благодаря исследованиям Б. М. Осовецкого, О. Б. Наумовой, В. А. Наумова и др. На кафедре поисков и разведки полезных ископаемых В. Ф. Мягковым и его коллегами (В. Л. Баталов, Р. Г. Ибламин, Г. В. Лебедев, А. С. Сунцев) была разработана серия инструктивно-методических руководств и инструкций по эксплуатационной разведке и геологическому обслуживанию горнодобывающих предприятий, разрабатывающих месторождения черных металлов.

1. ОРГАНИЗАЦИОННО-ПРАВОВЫЕ ОСНОВЫ ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫХ РАБОТ

1.1. Основные понятия

Полезные ископаемые – это природные вещества земной коры, пригодные при существующем уровне техники и технологии для использования в народном хозяйстве. Полезные ископаемые, извлеченные из недр и подвергнутые обработке, что необходимо для дальнейшего использования, принято называть *минеральным сырьем*. Минеральное сырье является товарной продукцией горного производства.

По агрегатному состоянию полезные ископаемые могут быть твердыми, жидкими и газообразными. Твердые полезные ископаемые подразделяются на рудные, нерудные и горючие. *Рудные* полезные ископаемые содержат минералы или минеральные соединения, которые служат источником получения различных химических соединений или элементов (металлических, химических, агрономических). *Нерудными* называются полезные ископаемые, продуктами переработки которых являются агрегаты минералов или кристаллы (абразивы, диэлектрики, драгоценные и поделочные камни, пьезо- и оптические минералы), а также горные породы, используемые в промышленности без существенной переработки (флюсы, огнеупоры, строительные и керамические материалы). К *твердым горючим* полезным ископаемым относятся угли, горючие сланцы, асфальтиты и озокериты. *Жидкие и газообразные* полезные ископаемые подразделяются: на горючие (нефть, газовый конденсат, горючие газы); пресные, минеральные, соленые воды; инертные газы.

Наряду с вышеприведенной часто пользуются иной, но во многом похожей группировкой полезных ископаемых. По промышленному использованию их делят на металлические, неметаллические, горючие (или каустобиолиты) и гидроминеральные полезные ископаемые.

Металлические полезные ископаемые представлены рудами черных (Fe, Cr, Mn, Ti), цветных (Cu, Zn, Pb, Al и др.), редких (Ta, Nb, Be, Zr, Li, Sc и др.) и радиоактивных (U, Th, Ra) ме-

таллов, а также благородными металлами (Au, Ag, Pt, Os, Ir, Rh, Pd, Ru).

Неметаллические полезные ископаемые включают в себя горнохимическое сырье (например, апатиты, фосфориты, барит), сырье для извлечения промышленных минералов (асбест, слюды, графит, драгоценные и поделочные камни и др.), промышленные горные породы (глины, пески, граниты и т. д.).

Горючие полезные ископаемые – это нефть, природные горючие газы, каменный и бурый уголь, торф и горючие сланцы.

Гидроминеральные полезные ископаемые объединяют подземные (в том числе и термальные) пресные воды и минеральные воды, которые могут содержать I, Br, B и др. Термальные воды используются в энергетической промышленности.

В зависимости от количества, качества, горно-геологических условий и степени изученности, а также природных и экономических условий размещения все скопления полезных ископаемых принято разделять на месторождения, проявления (для рудных месторождений – рудопроявления), пункты минерализации.

Месторождением называется природное либо техногенное скопление полезного ископаемого на поверхности (включая дно Мирового океана) или в недрах Земли, по количеству, качеству, условиям залегания и другим свойствам отвечающее требованиям промышленности и при существующем уровне техники и технологии рентабельное для промышленного освоения.

К **проявлениям** (рудопроявлениям) относятся естественные скопления полезных ископаемых, которые по качеству отвечают или почти отвечают требованиям промышленности, но из-за небольших запасов или недостаточной изученности не могут быть отнесены к месторождениям.

Пунктами минерализации называются участки недр, где обнаружены визуально и подтверждены данными опробования незначительные по размерам и низкие по качеству скопления полезных ископаемых.

Данная группировка имеет важное поисковое значение. Пункты минерализации и проявления полезных ископаемых используются как наиболее надежные прямые поисковые признаки для обнаружения месторождений.

На эксплуатируемых месторождениях широко используются такие понятия, как горная масса, рудная масса, потери полезного ископаемого и разубоживание.

Горная масса – вся выданная на поверхность («на-гора») в процессе разработки масса полезного ископаемого и вмещающих пород, включая пустые горные породы из подготовительных, нарезных и очистных выработок.

Рудная масса – добытая руда и примешанные к ней в процессе разработки пустые породы и некондиционные руды.

Потери полезного ископаемого – часть балансовых запасов, не извлеченная при разработке месторождения или утраченная в процессе добычи и переработки. Определяются в абсолютных величинах и в процентах к количеству погашенных запасов.

Разубоживание – снижение содержания полезного компонента в рудной массе за счет смешивания в процессе добычи полезного ископаемого, пустой породы и некондиционных руд. Разубоживание определяется в процентах к среднему содержанию в погашенном блоке или по горнодобывающему предприятию в целом за определенный период времени.

1.2. Основы законодательства Российской Федерации о недрах

Основным законом, регламентирующим недропользование в РФ, является Федеральный закон «О недрах», принятый в 1992 г. Закон неоднократно дополнялся и редактировался, его последняя редакция принята в 2015 г.

Согласно тексту закона *недра являются частью земной коры, расположенной ниже почвенного слоя, а при его отсутствии – ниже земной поверхности и дна водоемов и водотоков, простирающейся до глубин, доступных для геологического изучения и освоения.*

Недра, включая подземное пространство и содержащиеся в недрах полезные ископаемые, являются государственной собственностью. Вопросы владения, пользования и распоряжения недрами находятся в совместном ведении Российской Федерации и субъектов РФ. Участки недр не могут быть пред-

метом купли, продажи, дарения, наследования, вклада, залога или отчуждения. Добытые из недр полезные ископаемые могут находиться в федеральной собственности, собственности субъектов РФ, муниципальной, частной и в собственности иных форм.

Федеральные органы исполнительной власти и органы исполнительной власти субъектов РФ в пределах своих полномочий утверждают государственные программы геологического изучения недр, воспроизводства минерально-сырьевой базы и рационального использования недр.

В целях обеспечения обороны страны и безопасности государства отдельные *участки недр* относятся к участкам *федерального значения*.

К ним относятся участки недр:

1) содержащие месторождения и проявления урана, алмазов, особо чистого кварцевого сырья, редких земель, никеля, кобальта, тантала, ниобия, бериллия, лития, металлов платиновой группы;

2) содержащие по данным Госбаланса запасов полезных ископаемых:

– извлекаемые запасы нефти более 70 млн т;

– запасы газа более 50 млрд м³;

– запасы коренного золота более 50 т;

– запасы меди более 500 тыс. т;

К участкам недр местного значения относятся:

1) участки недр, содержащие общераспространенные полезные ископаемые;

2) участки недр, используемые для строительства и эксплуатации подземных сооружений местного и регионального значения, не связанных с добычей полезных ископаемых.

Полномочия органов государственной власти. К полномочиям федеральных органов государственной власти в сфере регулирования отношений недропользования относятся:

1) разработка и совершенствование законодательства РФ о недрах;

2) разработка и реализация федеральных программ воспроизводства, расширения и улучшения минерально-сырьевой базы;

3) установление и разработка норм и правил пользования недрами и их охраны, в том числе классификации запасов и прогнозных ресурсов полезных ископаемых;

4) ведение единой системы федерального и территориальных фондов геологической информации, распоряжение информацией, полученной за счет государственных средств;

5) экспертиза данных о разведанных запасах полезных ископаемых, за исключением информации об участках недр местного значения;

6) публикация в официальном издании перечня участков недр федерального значения, формирование федерального фонда резервных участков недр; установление перечней участков недр, право пользования которыми может быть предоставлено на условиях соглашений о разделе продукции;

6.1) формирование совместно с субъектами РФ региональных перечней полезных ископаемых, относимых к общераспространенным;

6.2) согласование перечней участков недр местного значения, представляемых органами исполнительной власти субъектов РФ;

6.3) установление порядка подготовки, рассмотрения, согласования перечней участков недр местного значения, представляемых органами исполнительной власти субъектов РФ;

7) составление государственного баланса запасов полезных ископаемых; государственный учет участков недр, используемых для добычи полезных ископаемых; ведение государственного кадастра месторождений и проявлений полезных ископаемых; государственная регистрация работ по геологическому изучению недр;

8) распоряжение недрами континентального шельфа РФ;

9) введение ограничений на пользование недрами на отдельных участках для обеспечения национальной безопасности и охраны окружающей среды;

10) распоряжение совместно с субъектами РФ государственным фондом недр, за исключением участков, находящихся в исключительном ведении РФ;

11) утверждение соглашений на условиях раздела продукции;

12) координация научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, связанных с использованием недр;

13) защита прав пользователей недр и интересов граждан РФ;

14) разрешение споров по вопросам пользования недрами между субъектами РФ;

15) заключение международных договоров РФ по геологическому изучению, использованию и охране недр;

16) установление порядка и осуществление государственного надзора за геологическим изучением, рациональным использованием и охраной недр;

17) заключение соглашений о разделе продукции при пользовании участками недр;

18) установление порядка и осуществление государственного надзора за безопасным ведением работ, связанных с использованием недрами.

Реализация общей федеральной политики недропользования в РФ возлагается на федеральный орган управления государственным фондом недр и его территориальные органы.

Полномочия органов государственной власти субъектов РФ в сфере регулирования отношений недропользования на своих территориях:

1) принятие и совершенствование законов и правовых актов субъектов РФ о недрах;

2) участие в разработке и реализации федеральных и территориальных программ геологического изучения недр, развития и освоения минерально-сырьевой базы РФ;

3) ведение территориальных фондов геологической информации; распоряжение информацией, полученной за счет средств бюджета субъекта РФ;

4) участие в государственной экспертизе информации о разведанных запасах полезных ископаемых;

5) составление территориальных балансов запасов и кадастров месторождений и проявлений общераспространенных полезных ископаемых;

6) формирование совместно с РФ перечня полезных ископаемых, относимых к общераспространенным; предоставление права пользования участками недр местного значения;

7) установление порядка, а также предоставление права пользования участками недр местного значения;

8) защита прав пользователей недр и интересов граждан по вопросам пользования недрами;

9) участие в соглашениях о разделе продукции при пользовании участками недр;

10) организация и надзор за геологическим изучением, рациональным использованием и охраной недр в отношении участков недр местного значения;

11) государственная экспертиза запасов полезных ископаемых, геологической, экономической и экологической информации о предоставляемых в пользование участках недр местного значения;

Виды пользования недрами. Недра предоставляются в пользование:

1) для регионального геологического изучения;

2) геологического изучения, включающего поиски и оценку месторождений полезных ископаемых, а также геологическое изучение и оценку пригодности участков недр для строительства и эксплуатации подземных сооружений, не связанных с добычей полезных ископаемых;

3) разведки и добычи полезных ископаемых,

4) строительства и эксплуатации подземных сооружений, не связанных с добычей полезных ископаемых;

5) образования особо охраняемых геологических объектов;

6) сбора геологических коллекционных материалов.

Участки недр, предоставляемые в пользование. Участок недр предоставляется пользователю *в виде горного отвода* – геометризованного блока недр, информация о котором включается в лицензию в качестве неотъемлемой составной части.

Пользователь недр имеет исключительное право использовать недра в границах горного отвода. Любая деятельность, связанная с использованием недрами в границах горного отвода, может осуществляться только с согласия пользователя недр.

Пользование отдельными участками недр может быть ограничено или запрещено на территориях населенных пунктов, военных объектов, объектов промышленности, транспорта и связи в случаях, если это пользование может создать угрозу

жизни и здоровью людей, нанести ущерб хозяйственным объектам или окружающей среде.

Пользователями недр могут быть субъекты предпринимательской деятельности, иностранные граждане и юридические лица.

Участки недр предоставляются в пользование на определенный срок или без ограничения срока. На определенный срок участки недр предоставляются в пользование:

- для геологического изучения – на срок до 5 лет;
- добычи полезных ископаемых – на срок отработки месторождения;
- добычи подземных вод – на срок до 25 лет.

Срок пользования участком недр продлевается по инициативе пользователя недр при необходимости завершения поисков и оценки или разработки месторождения либо выполнения ликвидационных мероприятий.

Основаниями возникновения права пользования участками недр являются решения Правительства РФ, федерального органа управления государственным фондом недр, органов исполнительной власти субъектов РФ, принятые по результатам аукционов, а также государственные контракты на выполнение работ по геологическому изучению недр.

Предоставление недр в пользование оформляется в виде лицензии, представляющей бланк установленной формы, а также приложений, являющихся составной частью лицензии и определяющих условия пользования недрами.

Лицензия должна содержать:

- 1) сведения о пользователе недр и органах, предоставивших лицензию, а также основание ее предоставления;
- 2) данные о целевом назначении работ;
- 3) информацию о границах лицензионного участка;
- 4) сроки действия;
- 5) условия, связанные с платежами, взимаемыми за пользование недрами;
- 6) объемы добычи минерального сырья, право собственности на добытое минеральное сырье;
- 7) соглашение о праве собственности на геологическую информацию, получаемую при пользовании недрами;

8) условия выполнения требований по охране недр и окружающей среды, безопасному ведению работ;

9) порядок и сроки подготовки проектов ликвидации или консервации горных выработок и рекультивации земель.

Решения о проведении конкурсов или аукционов на право пользования участками недр принимаются:

1) Правительством РФ относительно участков недр федерального значения;

2) органом государственной власти субъекта РФ относительно участков недр местного значения;

3) федеральным органом управления государственным фондом недр или его территориальными органами.

Право пользования недрами прекращается:

1) по истечении установленного в лицензии срока ее действия;

2) при отказе владельца лицензии от права пользования недрами;

3) в случае переоформления лицензии и передачи права недропользования новому юридическому лицу.

Право пользования недрами *может быть досрочно прекращено*, приостановлено или ограничено органами, предоставившими лицензию, в случаях: возникновения угрозы жизни или здоровью людей, чрезвычайных ситуаций; нарушений пользователем недр условий лицензии; непредставления пользователем недр отчетности, предусмотренной законодательством РФ о недрах; инициативы владельца лицензии; ликвидации предприятия, которому недра были предоставлены в пользование.

Информация о геологическом строении недр, находящихся в них полезных ископаемых, содержащаяся в геологических отчетах, картах и иных материалах, может находиться в государственной собственности или в собственности пользователя недр. Информация о недрах, полученная пользователем недр за счет государственных средств, является государственной собственностью, а информация, полученная пользователем недр за счет собственных средств, является его собственностью и представляется пользователем недр в федеральный и территориальный фонды геологической информации с указанием условий ее использования.

Должностные лица федерального и территориальных фондов геологической информации обязаны обеспечить конфиденциальность представляемой им информации; несут материальную, административную или уголовную ответственность за ее несанкционированное разглашение.

Государственная экспертиза запасов полезных ископаемых проводится в целях создания условий для рационального комплексного использования недр, определения платы за пользование недрами, границ участков недр, предоставляемых в пользование.

Предоставление недр в пользование для добычи полезных ископаемых разрешается только после проведения государственной экспертизы их запасов. Заключение государственной экспертизы о промышленной значимости разведанных запасов полезных ископаемых является основанием для их постановки на государственный учет. Экспертиза запасов, геологической, экономической и экологической информации о предоставляемых в пользование участках недр осуществляется за счет пользователей недр. Организация экспертизы возлагается на федеральный орган управления государственным фондом недр и (для участков недр местного значения) – на органы государственной власти субъектов РФ.

Государственный кадастр месторождений и проявлений полезных ископаемых ведется с целью обеспечения разработки федеральных и региональных программ геологического изучения недр, комплексного использования месторождений полезных ископаемых и рационального размещения предприятий по их добыче.

Государственный кадастр месторождений и проявлений полезных ископаемых представляет собой совокупность систематизированных по установленной форме сведений по каждому месторождению и проявлению, которые характеризуют количество и качество основных и совместно с ними залегающих полезных ископаемых, содержащихся в них компонентах, горно-технические, гидрогеологические, экологические условия разработки месторождения, геолого-экономическую оценку.

Государственный баланс запасов полезных ископаемых ведется с целью учета состояния минерально-сырьевой базы. Он

содержит сведения о количестве, качестве и степени изученности запасов каждого вида полезных ископаемых по месторождениям, имеющим промышленное значение, об их размещении, степени промышленного освоения, добыче, потерях и обеспеченности горнодобывающего предприятия разведанными запасами.

Государственный кадастр месторождений и проявлений полезных ископаемых и государственный баланс запасов полезных ископаемых составляются и ведутся федеральным органом управления государственным фондом недр на основе информации, представляемой предприятиями, ведущими геологическое изучение недр, а также государственной отчетности предприятий, осуществляющих разведку месторождений полезных ископаемых и их добычу.

Государственное геологическое изучение недр. Основными его задачами являются: геологическое картирование территории РФ и ее шельфа, поиски и оценка месторождений полезных ископаемых в соответствии с государственными программами, мониторинг состояния недр и прогнозирование происходящих в них процессов, сбор и хранение информации о недрах, состоянии минерально-сырьевой базы и др.

Организация государственного геологического изучения недр возлагается на федеральный орган управления государственным фондом недр. Работы по геологическому изучению недр, поискам и разведке месторождений проводятся в соответствии с проектами, экспертиза которых организуется федеральным органом управления фондом недр или его территориальными органами за счет средств пользователей недр.

Государственный надзор за геологическим изучением, рациональным использованием и охраной недр осуществляется федеральными органами исполнительной власти и органами исполнительной власти субъектов РФ в соответствии с их компетенцией. Задачами государственного надзора являются предупреждение, выявление и пресечение нарушений пользователями недр требований международных договоров РФ, законодательства РФ о недрах и утвержденных законодательством РФ стандартов (норм, правил) в области геологического изучения, рационального использования и охраны недр.

Государственный горный надзор за безопасным ведением работ, связанных с использованием недр, осуществляет орган исполнительной власти – государственный горный надзор. Его задачами являются: предупреждение, выявление и пресечение нарушений пользователями недр, установленных законодательством РФ стандартов и требований по безопасному ведению работ, по охране недр и окружающей среды.

Система платежей при использовании недр. При использовании недр уплачиваются следующие платежи:

- разовые платежи за использование недр при наступлении событий, оговоренных в лицензии, включая разовые платежи, уплачиваемые при изменении границ участков недр, предоставленных в пользование;

- регулярные платежи за использование недр;

- сбор за участие в конкурсе (аукционе).

Кроме того, пользователи недр уплачивают другие налоги и сборы, установленные в соответствии с законодательством РФ о налогах и сборах.

Регулярные *платежи* за использование недр *не взимаются*:

- за использование недр для регионального геологического изучения;

- использование недр для образования особо охраняемых геологических объектов, имеющих научное, культурное, эстетическое, санитарно-оздоровительное и иное значение;

- разведку полезного ископаемого в границах горного отвода, предоставленного пользователю недр для добычи этого полезного ископаемого.

Размеры регулярных платежей за использование недр определяются в зависимости от экономико-географических условий, размера участка недр, вида полезного ископаемого, продолжительности работ, степени геологической изученности территории и степени риска.

Административную, уголовную ответственность несут лица, виновные в нарушении законодательства РФ о недрах. Привлечение к ответственности за нарушение законодательства РФ о недрах не освобождает виновных лиц от обязанности устранить выявленное нарушение и возместить причиненный вред.

Споры по вопросам пользования недрами разрешаются органами государственной власти, судом или арбитражным судом в соответствии с их полномочиями и в порядке, установленном законодательством.

Международные договоры. Если международным договором РФ установлены иные правила, то применяются правила международного договора.

1.3. Геолого-промышленные типы месторождений

В теории и практике изучения месторождений широко используется понятие «генетический тип месторождений». ***Генетический тип месторождений*** – это совокупность месторождений полезных ископаемых, имеющих одинаковые физико-химические условия образования, отражающиеся в близком вещественном составе и тождественных геологических условиях образования.

Для систематизации всего разнообразия месторождений В. И. Смирновым (1989) была создана генетическая классификация, в которой месторождения объединяются в разноуровневые таксоны: серия – группа – класс – подкласс – ряд – формация. Формация полезных ископаемых является наименьшим таксоном генетической классификации. ***Формация месторождений полезных ископаемых*** представляет собой совокупность месторождений, близких по минеральному составу, геологическим условиям размещения и физико-химическим условиям образования. Генетическая классификация месторождений детально рассматривается при изучении дисциплины «Геология полезных ископаемых».

Природные генетические типы месторождений весьма многочисленны и разнообразны (табл. 1.1), но далеко не все из них играют заметную роль в балансе мировых запасов и добыче полезных ископаемых. Основная масса полезных ископаемых добывается из ограниченного числа природных типов месторождений. Так, железо добывается из месторождений 30, а медь – из месторождений более чем 15 генетических типов, в то время как определяющую роль в балансе запасов и в добыче железных руд играют только 11, а меди – только 6 типов. Поэтому в

практике геологоразведочных работ *генетические типы месторождений, занимающие ведущее место в мировом балансе и добыче отдельных видов полезных ископаемых, принято относить к типу геолого-промышленных.*

Согласно В. М. Крейтеру (1969), к промышленным следует относить лишь те природные типы месторождений, которые рекомендовали себя устойчивыми поставщиками данного вида минерального сырья и обеспечивают не менее 1% его добычи.

Таблица 1.1

Общая характеристика генетических групп месторождений полезных ископаемых
(по В. И. Смирнову с дополнениями Р. Г. Ибламинова)

Серия	Группа	Геологические условия размещения	Характерные полезные ископаемые
1	2	3	4
А. Эндогенная	I. Магматическая	Комплексы магматических пород	Руды хрома, титана, ванадия, платины, алмазы, нефелин, апатит
	II. Карбонатитовая	Магматические комплексы ультраосновных и щелочных пород	Руды ниобия, циркония, железа; флогопит, апатит
	III. Пегматитовая	Интрузии кислых или щелочных пород, гнейсы и кристаллические сланцы	Руды лития, бериллия, драгоценные камни
	IV. Альбитит-грейзеновая	Эндо- и экзоконтактные зоны интрузий кислых или щелочных пород, гранитогнейсы	Руды олова, вольфрама, молибдена
	V. Скарновая	Эндо- и экзоконтактные зоны интрузий гранитоидов	Руды железа, вольфрама и молибдена, свинца и цинка, бора
	VI. Гидротермальная	Плутонические и вулканические магматические, проницаемые осадочные и метаморфические породы	Руды золота, меди, полиметаллов, сурьмы и ртути
	VII. Вулканогенно-осадочная	Вулканогенно-осадочные горные породы	Руды меди, свинца, цинка, железа, марганца; пирит

1	2	3	4
Б. Экзогенная	I. Выветривания	Коры выветривания, палеогоризонты подземных вод	Руды никеля, урана, меди, алюминия, самородная сера, глины
	II. Осадочная	Растворы поверхностных и подземных бассейнов, осадки, осадочные горные породы	Нефть, уголь, соли, соды, фосфориты, руды железа, марганца, алюминия
В. Метаморфотенная	I. Регионального метаморфизма	Метаморфические горные породы	Руды железа, золота, урана; мраморы, кварциты, графит
	II. Контактного метаморфизма	Экзоконтактовые зоны интрузивных и эффузивных горных пород	Мрамор, графит, корунд
Г. Импактогенная	I. Протогенетическая	Импактные структуры	Руды золота, урана
	II. Сингенетическая	Импактные структуры	Алмазы, медно-никелевые руды (?)
	III. Эпигенетическая	Импактные структуры	Руды цветных металлы, подземные воды
Д. Радиогенная	Инфильтрационная	Породы-коллекторы	Гелий, радон

Роль отдельных геолого-промышленных типов месторождений в сырьевой базе тех или иных полезных ископаемых различна, в связи с чем среди них выделяются главные, на которые приходится выше 5–10% запасов (или добычи), и второстепенные – обычно менее 2–2,5%. При этом следует иметь в виду, что в минерально-сырьевой базе отдельных государств ведущими геолого-промышленными типами могут быть такие, которые в мировом балансе запасов и добычи существенной роли не играют, и наоборот. Например, если в минерально-сырьевой базе на долю стратиформных свинцово-цинковых месторождений в карбонатных формациях приходится 15,6% запасов свинца и 17% цинка, то в России – только около 2,5% запасов как свинца, так и цинка.

Классификация геолого-промышленных типов месторождений базируется также и на требованиях промышленности к минеральному сырью и результатам разведочных работ. Поэтому рудно-формационные и геолого-промышленные типы месторождений могут не совпадать друг с другом.

Знание геолого-промышленных (промышленных) типов месторождений особенно необходимо на ранних стадиях геологоразведочных работ, для того чтобы дать предварительную геолого-экономическую оценку выявленного скопления полезного ископаемого. Скопления полезных ископаемых, не относящиеся к известным геолого-промышленным типам, как правило, не образуют крупных месторождений. Вместе с тем следует иметь в виду, что с течением времени количество геолого-промышленных типов может изменяться. Одни из них утрачивают свое значение в связи с полной отработкой, как это случилось с железорудными месторождениями типа «железных шляп» – зонами окисления колчеданных месторождений Урала. С отработкой этих зон перестал существовать еще один промышленный тип – месторождения малахита, которым славился Урал. По мере обнаружения и освоения месторождений новых генетических типов, совершенствования технологии и технических средств проведения горных работ появляются новые геолого-промышленные типы. В качестве примера можно привести появление нового геолого-промышленного типа месторождений алюминия. Ранее для получения алюминия использовались только бокситы. Технологические исследования, проведенные во второй половине XX в., показали, что промышленное извлечение алюминия возможно из минерала нефелина. В настоящее время месторождения нефелиновых руд выделены в самостоятельный геолого-промышленный тип, который в России является вторым по значимости источником сырья для получения алюминия.

Однако тот факт, что обнаруженное или изучаемое месторождение относится к известному промышленному типу, совершенно не гарантирует его промышленную значимость. Каждый промышленный тип может быть представлен различными по масштабу объектами – от уникальных по запасам месторождений до незначительных рудопроявлений.

Единые общепринятые принципы классификации геолого-промышленных типов месторождений в настоящее время пока отсутствуют. Одни исследователи в основу классификации кладут генетические признаки, другие – морфологию залежей, третьи – состав вмещающих пород или минеральный состав полезных ископаемых. При этом, как правило, классификации геолого-промышленных типов месторождений разрабатываются применительно к каждому виду полезного ископаемого.

Для целей поисков и разведки полезных ископаемых наиболее приемлема классификация промышленных типов месторождений, построенная по рудноформационному принципу. Именно на этом таксономическом уровне генетическая классификация наиболее близко смыкается с геолого-промышленной. Пример промышленной классификации железорудных месторождений приведен ниже (табл. 1.2).

Таблица 1.2

Промышленные типы железных руд,
их минеральный состав и элементы-примеси
(*Методические рекомендации..., 2007*)

Тип руды	Главные и характерные рудные минералы	Элементы-примеси в рудах	Типичные месторождения
1	2	3	4
Титаномагнетитовые и ильменит-титаномагнетитовые руды в ультраосновных и основных породах	Титаномагнетит, ильменит, магнетит, самородная платина и платиноиды	Ti, V, Sc, Cu, Co, Ni, S, Pt, Os и др.	Качканарское, Копанское, Первоуральское, Пудожгорское, Чинейское, Бушвельдский комплекс
Бадделеит-апатит-магнетитовые руды в щелочных ультраосновных породах	Магнетит, апатит, бадделеит	P, Zr, Nb, Ta	Ковдорское, Палабора

Продолжение табл. 1.2

1	2	3	4
Магнетитовые руды в осадочных и вулканогенно-осадочных породах	Магнетит, гематит, мартит, пирротин, пирит, халькопирит, сфалерит, галенит, арсениопирит, молибденит, кобальтин, самородные золото и серебро	S, As, Co, Mn, Cu, Se, Te, Pb, Zn, Cd, In, Bi, Mo, Ag, Au, Ge, F, B, Pt,	Соколовское, Сарбайское, Качарское, Высокотгорское, Гороблагодатское, Абаканское, Шерегешевское, Таштагольское, Таежное
Магномагнетитовые руды в осадочных и пирокластических породах и траппах	Магномагнетит, магнетит, гематит, пирит, халькопирит, сфалерит, галенит	S, Cu, Zn, V, Au, Hg, B, Na	Коршуновское, Рудногорское, Тагарское, Нерюндинское
Магнетит-гематитовые и гематит-магнетитовые руды в вулканогенно-осадочных породах	Гематит, магнетит, псиломелан, сидерит, пирит, сфалерит, галенит, браунит, гаусманит	Ge, Mn, Mo, Zn, Pb, Au, S, P, B, V	Западно-Каражальское, (Казахстан), Холзунское
Железистые кварциты в осадочных и вулканогенно-осадочных породах	Магнетит, гематит, сидерит, пирит, сфалерит, галенит	Ge, Au, Mn	Оленегорское, Костомукшское, Криворожский бассейн, КМА
Маритовые, мартит-гидрогематитовые и гидрогематитовые руды, образованные по железистым кварцитам	Мартит, гидрогематит, гётит, магнетит, гематит, сидерит, пирит	U	Криворожский бассейн, Белозерское, Висловское, Яковлевское, Михайловское
Сидеритовые и гематит-сидеритовые руды в осадочных породах	Сидерит, гематит, сидероплезит	Mn	Бакальское, Березовское
Бурые железняки, образованные по сидеритам	Гидрогётит, гётит, сидерит		Бакальское, Березовское, Зигазино-Комаровская группа

1	2	3	4
Лептохлоритовые и гидрогётитовые оолитовые руды в осадочных породах	Гидрогётит, лептохлорит, псиломелан, пирролюзит	P, Mn, As, V, Bi	Лисаковское, Аятское, Керченский бассейн
Хром-никелевые гётит-гидрогётитовые руды кор выветривания ультраосновных пород	Гётит, гидрогётит, сидерит, нонтронит, хромшпинелиды, пирролюзит, псиломелан	Cr, Co, Ni, V, Mn, Sc, Ga	Серовское, месторождения Орско-Халиловского района

На практике чаще пользуются классификациями геолого-промышленных типов месторождений, приведенными в «Методических рекомендациях по применению классификации запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых, 2007», разработанных Федеральным бюджетным учреждением «Государственная комиссия по запасам полезных ископаемых» (ФБУ ГКЗ). По мере детализации геологических исследований в пределах отдельных геолого-промышленных типов (рудных формаций) могут выделяться подтипы (субформации), фациальные типы, а внутри них – минеральные типы.

1.4. Общие сведения о прогнозных ресурсах и запасах полезных ископаемых

Количество полезного ископаемого в недрах в зависимости от степени достоверности называется прогнозными ресурсами или запасами. В настоящее время действует «Классификация запасов и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых», утвержденная Министерством природных ресурсов РФ (МПР РФ) в 2006 г.

Прогнозные ресурсы – ожидаемое количество полезного ископаемого, оцененное без пространственной геометризации (без создания регулярной сети наблюдений) на основе совокупности геологических данных. Прогнозные ресурсы твердых полезных ископаемых оцениваются по металлогеническим (минерагеническим) зонам, бассейнам, рудным районам, полям, рудо-

проявлениям, флангам и глубоким горизонтам месторождений твердых полезных ископаемых.

Запасы полезного ископаемого – их количество (масса, объем) в недрах, заключенное в пределах геометризованных в процессе оценочных и разведочных работ контуров, т.е. контуров, построенных по данным пройденных по регулярной сети разведочных скважин и/или горных выработок. Запасы твердых полезных ископаемых подсчитываются по результатам геолого-разведочных и эксплуатационных работ, выполненных в процессе их изучения и промышленного освоения.

Категории прогнозных ресурсов. По степени достоверности прогнозные ресурсы подразделяются на категории: P_1 , P_2 , P_3 .

Категория P_1 – ресурсы новых рудных тел, рудопроявлений, а также ожидаемые скопления полезного ископаемого, прилегающие к контурам запасов категории C_2 .

Категория P_2 – ресурсы потенциальных месторождений, возможность обнаружения которых основывается на результатах крупномасштабных исследований и проверенных единичными горными выработками и скважинами.

Категория P_3 – ресурсы потенциально перспективных площадей, выявленные в процессе мелко- и среднемасштабных геологосъемочных работ и оцененные по совокупности благоприятных геологических предпосылок и признаков.

Категории запасов. Запасы полезных ископаемых подразделяются на категории: А, В, C_1 , C_2 .

Категория А – запасы участков детализации разведываемых и разрабатываемых месторождений, оконтуренные в соответствии с кондициями скважинами и горными выработками по сети, рекомендуемой ФБУ ГКЗ.

Категория В – запасы, участков детализации, оконтуренные в соответствии с требованиями кондиций по сети, рекомендуемой ФБУ ГКЗ.

Категория C_1 – запасы, определенные в соответствии с требованиями кондиций по сети, рекомендуемой ФБУ ГКЗ.

Категория C_2 – запасы, базирующиеся на результатах исследования единичного количества горных выработок и скважин, а также расположенные в зонах экстраполяции запасов более высоких категорий.

1.5. Стадийность геологоразведочных работ

С целью своевременной отбраковки неперспективных объектов и выделения наиболее перспективных, заслуживающих проведения более детальных исследований, геологоразведочные работы ведутся стадийно, т. е. в закономерной последовательности. Стадийность геологоразведочных работ периодически пересматривается. В настоящее время руководствуются стадийностью, утвержденной Министерством природных ресурсов и экологии РФ в 1999 г. в виде «Положения о порядке проведения геологоразведочных работ по этапам и стадиям (твердые полезные ископаемые)». Согласно указанному документу геологические исследования проводятся в три этапа, включающих в себя пять стадий.

Схема стадийности геологоразведочных работ
(*твердые полезные ископаемые*)

Этап I. Работы общегеологического и минерагенического назначения

Стадия 1. Региональное геологическое изучение недр и прогнозирование полезных ископаемых

Этап II. Поиски и оценка месторождений

Стадия 2. Поисковые работы

Стадия 3. Оценочные работы

Этап III. Разведка и освоение месторождения

Стадия 4. Разведка месторождения

Стадия 5. Эксплуатационная разведка

Более полная характеристика этапов и стадий ГРП приведена в табл. 1.3. Стадийность ГРП на нефть и газ существенно отличается от стадийности на твердые полезные ископаемые.

Таблица 1.3

Этапы и стадии геологоразведочных работ
(твердые полезные ископаемые)
(Положение..., 1999)

Стадия	Объект изучения	Цель работ	Основной конечный результат
1	2	3	4
Этап I. Работы общегеологического и минерагенического назначения			
<i>Стадия I.</i> Региональное геологическое изучение недр	Территория Российской Федерации, ее крупные геологические, 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, медиаторативных и природоохранных работ и др.	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, меллиорации, строительства, обороны, экологии и т.п.	Комплекты обязательных и специальных геологических карт различного назначения масштабов 1:1000000, 1:200000 и 1:50000; сводные и обзорные карты геологического содержания масштабов 1:500000 и мельче; комплект карт, схем и разрезов глубинного строения недр Российской Федерации и ее регионов; комплексная оценка перспектив изученных территорий с выделением рудных районов и узлов, зон, угленосных бассейнов; определение прогнозных ресурсов категорий P₃ и P₂ ; оценка состояния геологической среды и прогноз ее изменения

Продолжение табл. 1.3

1	2	3	4
Этап II. Поиски и оценка месторождений			
<p><i>Стадия 2.</i> 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 полезных ископаемых; определение целесообразности их дальнейшего изучения</p>	<p>Комплексная оценка геологического строения и перспектив исследованных площадей, выявленные проявления 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><i>Стадия 3.</i> Оценка месторождений</p>	<p>Проявления полезных ископаемых с оцененными прогнозными 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_2 и C_1, а по менее изученным участкам прогнозных ресурсов категории P_1; технико-экономическое обоснование промышленной ценности месторождения</p>

Окончание табл. 1.3

1	2	3	4
Этап III. Разведка и освоение месторождений			
<p><i>Стадия 4.</i> Разведка месторождения</p>	<p>Месторождения полезного ископаемого с оцененными запасами по категориям С₂ и С₁ и прогнозными ресурсами категории Р₁</p>	<p>Изучение геологического строения, технологических свойств полезного ископаемого, гидрогеологических, инженерно-геологических условий отработки месторождения; технико-экономическое обоснование освоения месторождения; уточнение геологического строения месторождения в процессе освоения на недостаточно изученных участках (фланга, глубокие горизонты) с переводом запасов из низших в более высокие категории</p>	<p>Геологические, гидрогеологические, горно-геологические, технологические и другие данные, необходимые для составления технико-экономического обоснования (ТЭО) освоения месторождения; подсчитанные запасы по категориям A, B, C₁ и C₂</p>
<p><i>Стадия 5.</i> Эксплуатационная разведка</p>	<p>Эксплуатационные этажи, горизонты, блоки, уступы, подготавливаемые для очистных работ</p>	<p>Уточнение полученных при разведке данных для оперативного планирования добычи, контроль за полнотой и качеством отработки запасов</p>	<p>Запасы подготовленных и готовых к выемке блоков; исходные материалы для оценки полноты отработки месторождения, уточнение потерь и разубоживания полезного ископаемого</p>

2. ФАКТОРЫ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ ПРОМЫШЛЕННУЮ ЦЕННОСТЬ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Месторождения полезных ископаемых – это сложная многофакторная геолого-экономическая категория. К месторождениям относятся лишь такие скопления полезных ископаемых, из которых при условии рентабельности производства может быть получена товарная продукция. Важнейшие факторы, определяющие промышленную ценность месторождений:

1. Количество запасов.
2. Концентрация запасов.
3. Качество полезного ископаемого.
4. Горнотехнические условия эксплуатации.
5. Изменчивость геолого-промышленных параметров залежей.
6. Гидрогеологические и инженерно-геологические условия разработки.
7. Физико-географические и экономико-географические условия.
8. Себестоимость товарной продукции, конъюнктура рынка, рентабельность горнодобывающего предприятия.

2.1. Количество запасов

Количество запасов – основной критерий оценки месторождений. Очевидно, что чем больше запасы, тем выше промышленная ценность месторождения.

Широко известна и удобна группировка месторождений по количеству запасов В. И. Красникова (табл. 2.1), согласно которой промышленные месторождения подразделяются на мелкие, средние, крупные, уникальные. В этой группировке смежные по запасам месторождения отличаются на порядок.

Мелкие месторождения, как правило, промышленного значения не имеют и могут разрабатываться лишь в особо благоприятных условиях, обеспечивающих рентабельность эксплуатации. *Средние* по запасам месторождения могут служить сырьевой базой средних перерабатывающих предприятий. *Крупные* месторождения являются сырьевой основой крупных предприятий. *Уникальные* месторождения – это очень крупные ме-

сторождения, разработка которых определяет конъюнктуру рынка на получаемый из них вид минерального сырья. Это, например, железорудные месторождения: КМА, Криворожское; медно-никелевое месторождение Садбери (Канада); молибденовое месторождений Кляймакс (Канада); Верхнекамское месторождение калийных солей (Россия); золоторудное месторождение Витватерсранд (ЮАР) и т.д.

Таблица 2.1

Группировка месторождений по количеству запасов
(по В. И. Красникову, 1969)

Полезные ископаемые	Запасы (т) месторождений				
	не имеющих самостоятельного промышленного значения	промышленных			
		мелкие	средние	крупные	уникальные
1	2	3	4	5	6
Железные руды	$n10^6$	$n10^7$	$n10^8$	$n10^9$	$n10^{10}$
Алюминиевые и магниевые руды – нефелины, алунисты, карналлиты	$n10^5$	$n10^6$	$n10^7$	$n10^8$	$n10^9$
Алюминиевые и магниевые руды – бокситы, магнезиты; марганцевые руды; хром (в хромите); титан в коренных месторождениях (в металле)	10^4	$n10^5$	$n10^6$	$n10^7$	$n10^8$
Титан в россыпях, медь, свинец, цинк, никель (в металле)	$n10^3$	$n10^4$	$n10^5$	$n10^6$	$n10^7$
Олово, вольфрам, молибден, сурьма (в металле)	$n10^2$	$n10^3$	$n10^4$	$n10^5$	$n10^6$
Уран, торий, ртуть, бериллий (в металле)	$n10$	$n10^2$	$n10^3$	$n10^4$	$n10^5$

1	2	3	4	5	6
Кобальт, тантал, серебро, висмут (в металле)	n	n0	n10 ²	n10 ³	n10 ⁴
Золото, платина (в металле)	-	n10 ⁻¹	n	n10	n10 ²

С 2007 г. в России принята группировка месторождений по количеству запасов полезных ископаемых (табл. 2.2), утвержденная Правительством РФ. Запасы месторождений, перечисленных в таблице видов полезных ископаемых, *учитываются Государственным балансом.*

Таблица 2.2

Градации месторождений полезных ископаемых
по количеству запасов

(Постановление Правительства РФ № 37 от 22.01.2007)

Полезное ископаемое	Единица измерения	Запасы месторождений		
		крупных	средних	мелких
1	2	3	4	5
1. Месторождения углеводородного сырья				
Нефть и конденсат*	млн т	>60	15–60	<15
Природный газ**	млрд м ³	>75	40–75	<40
*Месторождения нефти и конденсата с запасами более 300 млн т относятся к уникальным				
**Месторождения газа с запасами более 500 млрд м ³ относятся к уникальным				
2. Месторождения рудных полезных ископаемых и алмазов				
Железные руды	млн т	>300	50–300	<50
Марганцевые руды	млн т	>30	3–30	<3
Хромовые руды	млн т	>10	1–10	<1
Бокситы	млн т	>50	5–50	<5
Вольфрам (WO ₃):				
–коренные месторождения	тыс. т	>100	10–100	<10
–россыпи	тыс. т	>15	1–15	<1
Висмут	тыс. т	>15	1–15	<1
Германий	тыс. т	>1,5	0,5–1,5	<0,5
Кобальт	тыс. т	>15	2–15	<2
Литий (Li ₂ O)	тыс. т	200	50–200	<50
Медь	тыс. т	>1000	100–000	<100

Продолжение табл. 2.2

1	2	3	4	5
Молибден	тыс. т	>50	5–50	<5
Никель	тыс. т	>200	30–00	<30
Ниобий (Nb ₂ O ₅)	тыс. т	>300	50–300	<50
Тантал (Ta ₂ O ₅):				
–коренные месторождения	тыс. т	>5	5–0,5	<0,5
–россыпи	тыс. т	>1	0,1–1	<0,1
Олово:				
–коренные месторождения	тыс. т	>50	5–50	<5
–россыпи	тыс. т	>10	1–10	<1
Ртуть	тыс. т	>15	0,7–15	<0,7
Свинец	тыс. т	>1000	100–1000	<100
Цинк	тыс. т	>1000	100–1000	<100
Бериллий	тыс. т	>10	0,5–10	<0,5
Стронций (целестин, стронцианит)	тыс. т	>500	100–500	<100
Сурьма	тыс. т	>100	10–100	<10
Титан (TiO ₂):				
–коренные месторождения	млн т	>10	3–10	<3
–россыпи рутила	млн т	>1	0,1–1	<0,1
–россыпи ильменита	млн т	>5	0,5–5	<0,5
Цезий	тыс. т	>5	0,5–5	<0,5
Цирконий (ZrO ₂)	млн т	>1,5	0,3–1,5	<0,3
Золото:				
–коренные месторождения	т	>50	5–50	<5
–россыпи	т	>3	0,5–3	<0,5
Серебро	т	>3000	500–3000	<500
Платина:				
–коренные месторождения	т	>30	3–30	<3
–россыпи	т	>3	0,5–3	<0,5
Алмазы:				
- коренные месторождения	млн кар.	>20	1–20	<1
- россыпи	млн кар.	>5	0,1–5	<0,1
Радиоактивные металлы	тыс. т	>20	1–20	<1

Продолжение табл. 2.2

1	2	3	4	5
3. Месторождения нерудных полезных ископаемых, углей, горючих сланцев				
Уголь:				
- коксующийся	млн т	>300	50–300	<50
- энергетический	млн т	>500	50–500	<50
- бурый	млн т	>1000	100–1000	<100
Торф	млн т	>1	1–0,1	<0,1
Горючие сланцы	млн т	>1000	100–1000	<100
Фосфориты (P ₂ O ₅)	млн т	>30	10–30	<10
Апатиты (P ₂ O ₅)	млн т	>50	10–50	<10
Борные руды (B ₂ O ₅):				
- бораты	млн т	>1,5	0,2–1,5	<0,2
- боросиликаты	млн т	>20	5–20	<5
Калийные соли	млн т	>500	100–500	<100
Сера самородная	млн т	>20	2–20	<2
Сода природная	млн т	>50	3–50	<3
Соль поваренная:				
- пищевая	млн т	>300	100–300	<100
- для химической промышленности	млн т	>1000	200–1000	<200
Магниевые соли (бишофит)	млн т	>80	10–80	<10
Сульфат натрия	млн т	>10	5–10	<5
Абразивы:				
- корунд	тыс. т	>100	30–100	<30
- наждак	тыс. т	>300	100–300	<100
Асбест:				
- хризотилковый	млн т	>15	2–15	<2
- антофиллитовый	тыс. т	>40	5–40	<5
- амфиболитовый	тыс. т	>5	0,5–5	<0,5
Барит	млн т	>3	1–3	<1
Брусит	млн т	>5	2–5	<2
Волластонит	млн м ³	>3	1–3	<1
Глины:				
- тугоплавкие	млн т	>50	10–50	<10
- огнеупорные	млн т	>25	5–25	<5
- бентонитовые	млн т	>15	2–15	<2
Горные породы (для изготовления декоративно-облицовочных материалов)	млн м ³	>5	2–5	<2

Продолжение табл. 2.2

1	2	3	4	5
Графит	млн т	>15	3–15	<3
Тальк, тальковый камень, пирофиллит	млн т	>5	0,5–5	<0,5
Каолины	млн т	>25	5–25	<5
Бокситы (для производства огнеупоров)	млн т	>10	3–10	<3
Доломиты (для металлургической и химической промышленности)	млн т	>100	30–100	<30
Известняки (для металлургической, химической, стекольной, пищевой промышленности)	млн т	>150	50–150	<50
Кварциты (для динаса, ферросплавов, карбида, кремния)	млн т	>30	5–30	<5
Диатомит, спонгилит	млн т	>5	1–5	<1
Магнезит	млн т	>100	10–100	<10
Мраморы (архитектурно-строительные, поделочные, статуарные)	млн т	>2	0,5–2	<0,5
Пегматиты, полевошпатовое сырье	млн т	>2	0,5–2	<0,5
Эффузивные породы для производства вспученных материалов	млн т	>5	1–5	<1
Формовочные материалы	млн т	>20	5–20	<5
Плакиковый шпат	млн т	>5	1–5	<1
Слюда (мусковит)	тыс. т	>20	2–20	<2
Слюда (флогопит, вермикулит)	тыс. т	>1	0,1–1	<0,1
Цеолиты	тыс. т	>100	0,1–100	<0,1
Гипс, ангидрит	тыс. т	>20	5–20	<5

Окончание табл. 2.2

1	2	3	4	5
Ювелирные полудрагоценные камни (аквамарин, аметист, берилл, бирюза, хризолит, опал)	кг	>500	50–500	<50
Ювелирно-поделочные камни (агат, жадеит, лазурит, малахит, нефрит, сердолик, чароит)	т	>900	200–900	<200
Поделочные камни (змеевик, оникс мраморный, офикальцит, яшма)	т	>10000	3000–10000	<3000
Кварц жильный для плавки оптического стекла	тыс. т	>500	100–500	<100
Кварц жильный для оптического стекловарения	млн т	>3	0,5–3	<0,5
Кварц жильный для синтеза оптических кристаллов	тыс. т	>100	40–100	<40
Пьезооптическое сырье:				
- пьезокварц	т	>5	1,5–5	<1,5
- горный хрусталь	т	>500	200–500	<200
- исландский шпат	т	>8	1–8	<1
- оптический флюорит	т	>0,5	0,5–0,1	<0,1
Драгоценные камни (изумруд, сапфир, рубин, alexandrit)	тыс. карат	>100	10–100	<10

Наряду с полезными ископаемыми, перечисленными в табл. 2.2, имеется значительное количество так называемых *обширнораспространенных полезных ископаемых*. В основном это строительные материалы и полезные ископаемые, используемые в сельском хозяйстве. Законодательное регулирование поисков, разведки и эксплуатации обширнораспространенных полезных ис-

копаемых относится к совместному ведению Правительства РФ и правительств субъектов федерации. Перечень общераспространенных видов полезных ископаемых устанавливается для каждого субъекта федерации, а их запасы учитываются территориальными балансами запасов полезных ископаемых. В качестве примера ниже приведен перечень общераспространенных полезных ископаемых по Пермскому краю.

Перечень общераспространенных полезных ископаемых по Пермскому краю

*(Утв. распоряжением Минприроды РФ
и правительства Пермского края в 2009 г.)*

Алевролиты, арсиллиты (кроме используемых в цементной промышленности, для производства минеральной ваты и волокон).

Ангидрит (кроме используемого в цементной промышленности).

Магматические и метаморфические породы (кроме используемых для производства огнеупорных, кислотоупорных материалов, каменного литья, минеральной ваты и волокон, в цементной промышленности).

Галька, гравий, валуны.

Гипс (кроме поделочного, используемого для цементной промышленности и в медицинских целях).

Глины (кроме бентонитовых, палыгорскитовых, огнеупорных, кислотоупорных, используемых для фарфорово-фаянсовой, металлургической, лакокрасочной и цементной промышленности, каолина).

Доломиты (кроме используемых в металлургической, стекольной и химической промышленности).

Известковый туф, гажга.

Известняки (кроме используемых в цементной, металлургической, химической, стекольной, целлюлозно-бумажной и сахарной промышленности, для производства глинозема, минеральной подкормки животных и птицы).

Кварцит (кроме диасового, флюсового, железистого, абразивного и используемого для производства карбида кремния, кристаллического кремния и ферросплавов).

Мергель (кроме используемого в цементной промышленности).

Облицовочные камни (кроме высокодекоративных и характеризующихся преимущественным выходом блоков 1–2 группы).

Пески (кроме формовочного, стекольного, абразивного, для фарфорово-фаянсовой, огнеупорной и цементной промышленности, содержащего рудные минералы в промышленных концентрациях).

Песчаники (кроме диасовых, флюсовых, для стекольной промышленности, для производства карбида кремния, кристаллического кремния и ферросплавов).

Песчано-гравийные, гравийно-песчаные, валунно-гравийно-песчаные, валунно-глыбовые породы.

Сапропель (кроме используемого в лечебных целях).

Сланцы (кроме горючих и используемых в цементной промышленности).

Суглинки (кроме используемых в цементной промышленности).

Торф (кроме используемого в лечебных целях).

2.2. Концентрация запасов

Концентрация запасов – это компактность размещения залежей полезного ископаемого в пределах минерализованной зоны месторождения.

Концентрация запасов зависит от числа тел полезных ископаемых, их формы и размеров. При прочих равных условия экономически выгоднее вести разработку месторождений с небольшим числом рудных тел изометричной формы. При низкой концентрации запасов требуется проходка большого количества разведочных, нарезных, подготовительных и очистных выработок, увеличиваются потери и разубоживание полезного ископаемого.

На месторождениях, сложенных мелкими линзами полезного ископаемого, концентрацию запасов оценивают с помощью показателя *«продуктивность»* – количество запасов, приходящихся на единицу площади месторождения или на единицу его глубины.

На месторождениях с прерывистым характером оруденения (гнездовым, шлирово-гнездовым, струйчатым, полосчатым) концентрацию запасов принято оценивать с помощью коэффициентов рудоносности, используемых при подсчете запасов. *Коэффициент рудоносности* – это отношение мощности, площади или объема рудных участков к мощности, площади или объему минерализованной зоны. Соответственно различают линейный, площадной и объемный коэффициенты рудоносности. При разведке месторождений обычно пользуются линейным коэффициентом рудоносности, т.к. по линейным разведочным пересечениям залежей определение площадного и объемного коэффициентов часто практически невозможно. Полагается, что линейный коэффициент рудоносности является достаточно надежной

оценкой площадного и объемного коэффициентов. Определение линейного коэффициента рудоносности K_p ведется по формуле

$$K_p = \frac{\sum_{i=1}^n l_p}{\sum_{i=1}^n l_p + \sum_{i=1}^n l_n},$$

где l_p – длина рудных подсечений, l_n – длина нерудных подсечений разведочными выработками.

Определение коэффициентов рудоносности и их учет при подсчете запасов целесообразны только в тех случаях, когда безрудные участки не поддаются оконтуриванию при разведке, а также при невозможности селективно добыть их или оставить в целиках при разработке месторождения. Во всех остальных случаях подсчет запасов производится в целом для рудной толщи, но с учетом снижения содержания полезного компонента на величину, соответствующую мощности, площади или объему включаемых в подсчет запасов безрудных участков.

2.3. Качество полезного ископаемого

Качество полезного ископаемого – это его химические, минералогические, технологические и технические свойства, определяющие возможность использования в народном хозяйстве. Качество полезных ископаемых определяется при опробовании.

Химический состав полезных ископаемых. Содержание главных, попутных, вредных компонентов является основным свойством большинства рудных и многих нерудных полезных ископаемых. По содержанию главных компонентов руды подразделяются на сорта: богатые, рядовые, бедные. Примеры градации руд по содержанию главных компонентов приведены в табл. 2.3. Для большинства видов полезных ископаемых такая градация ведется в пределах геолого-промышленного типа. Ценность полезного ископаемого увеличивается, если в нем содержатся попутные полезные компоненты.

Таблица 2.3

Примеры градации полезных ископаемых
в зависимости от содержания главного компонента
(по Е. О. Погребницкому и др., 1977)

Полезное ископаемое, главный компонент	Единица измерения	Качество руд		
		богатых	рядовых	бедных
Железная руда, Fe	масс. доля, %	>50	30–50	<30
Медная руда, Cu	«	>3	1–3	<1
Полиметаллическая руда, Pb+Zn	«	>7	4–7	<4
Вольфрам, WO ₃	«	>1	0,3–1	<0,3
Молибден, Mo	«	>0,5	0,2–0,5	<0,2
Олово:				
- коренные месторождения	«	>3	1–3	<1
- россыпи	кг/м ³	>10	1–10	<1
Золото:				
- коренные месторождения	г/т	>10	5–10	<5
- россыпи	г/м ³	>5	1–5	<1
Флюорит, CaF ₂	масс. доля, %	>50	35–50	<35
Фосфориты, P ₂ O ₅	«	>20	10–20	<10
Уран, U	«	>0,3	0,1–0,3	<0,1

Общая тенденция развития горнорудного производства заключается в том, что в разработку вовлекаются месторождения со все более низкими содержаниями полезных компонентов. Суммарные запасы месторождений, сложенных бедными рудами, несравненно больше, чем запасы месторождений богатых руд. Месторождения богатых руд не в состоянии обеспечить все возрастающие потребности развивающейся экономики в минеральном сырье. Однако использование бедных руд для получения товарного продукта требует их обогащения.

В качестве примера можно привести использование магнетитовых руд. Богатые руды с содержанием железа более 50% после окускования могут использоваться в доменном процессе. Руды, имеющие концентрацию железа менее 50%, перед использованием требуют обогащения и агломерации, что приводит к увеличению себестоимости товарной продукции.

Агломерация – это процесс получения более крупных кусков (агломерата) из мелкой руды путем спекания ниже температуры плавления с топливом (коксом, антрацитом, древесным углем).

Селективная выемка отдельных блоков богатых руд, залегающих среди средних по качеству и бедных руд, при современных системах обработки месторождений, использующих массовое обрушение, обычно нерентабельна. Взорванная руда обычно представляет собой механическую смесь обломков разного размера, состоящую из богатых, рядовых и бедных руд, которая нуждается в обогащении. С целью подачи на обогатительную фабрику однородного материала эта рудная масса подвергается грохочению и шихтовке.

Грохочение – это процесс разделения обломочного материала на фракции по крупности кусков путем просеивания на грохотах (ситах).

Шихтовка – это смешивание полезного ископаемого разных сортов для придания смеси определенных технологических свойств, улучшающих обогащение.

Современные системы разработки месторождений и обогащения руд, присутствие в рудах компонентов – полезных примесей, благоприятная транспортно-энергетическая инфраструктура позволяют рентабельно эксплуатировать месторождения железа даже с очень низким качеством руд. Например, среднее содержание железа в рудах Гусевогорского титаномагнетитового месторождения, входящего в состав Качканарской группы, составляет всего 16,6% (бортовое содержание 14%). Тем не менее, месторождение рентабельно эксплуатируется.

Минеральный состав. Минеральный состав и текстурно-структурные особенности рудных полезных ископаемых определяют технологию их переработки (в первую очередь обогащения), а нерудных – их потребительские свойства. По минеральному составу выделяются технологические типы полезных ископаемых, требующие различных схем переработки. Текстурно-структурные особенности (особенно размер минеральных выделений) влияют на выбор способа переработки полезного ископаемого, на извлечение концентрата из исходного сырья и концентрацию компонентов в концентрате. Для нерудных полезных

ископаемых (слюда, асбест, драгоценные и полудрагоценные камни и др.) размер минеральных выделений часто является одним из основных показателей качества, определяющим их ценность.

Технологические свойства. Добытое полезное ископаемое часто не пригодно для непосредственного использования и не является товарным продуктом. Оно требует переработки, в том числе обогащения. Технологические свойства – это свойства, определяющие способ и процесс переработки полезного ископаемого. Они обусловлены химическими, минералогическими и физическими особенностями полезных ископаемых.

Как указано выше, технологические типы полезных ископаемых, требующие разных схем переработки, выделяются в первую очередь по минеральному составу руд. Так, по различным схемам обогащаются железные руды, отличающиеся по минеральному составу: магнетитовые, гематит-магнетитовые, полуокисленные мартитовые и полумартитовые, окисленные бурожелезняковые, сидеритовые. Основным способом обогащения магнетитовых руд является магнитная сепарация (сухая и мокрая). Гематит-магнетитовые руды обогащаются магнитной сепарацией с последующей флотацией или гравитационными методами. При обогащении окисленных бурожелезняковых руд, а также полуокисленных мартитовых и полумартитовых руд вначале осуществляют их промывку, а кондиционные по содержанию железа концентраты получают магнитной сепарацией с предварительным обжигом, гравитационными методами или флотацией. Основным способом обогащения сидеритовых руд является обжиг.

Технологические исследования полезного ископаемого включают выбор способа и режима переработки (обогащения), определение требуемого количества воды, реагентов, электроэнергии и т.п., количества и качества товарной продукции (концентрата), затрат и себестоимости товарной продукции.

Технические свойства. К техническим относятся физико-механические свойства полезных ископаемых. Для большинства рудных месторождений основными техническими свойствами являются:

- объемная масса (плотность полезного ископаемого в естественном состоянии);
- влажность (массовая доля природной влаги в полезном ископаемом);
- коэффициент разрыхления (коэффициент, отражающий степень увеличения объема полезного ископаемого в результате его разрыхления, обусловленного добычными работами).

Для нерудных полезных ископаемых эти свойства весьма специфичны и зависят от вида полезного ископаемого и сфер его применения. Технические свойства для нерудных полезных ископаемых часто являются важнейшими характеристиками качества, определяющими их потребительские свойства.

Например, алмазы в зависимости от декоративных свойств, массы и размеров кристаллов подразделяются на 9 категорий. Алмазы 1–2-й категорий относятся к ювелирным, а 3–9-й – к техническим. Кроме того, в зависимости от сферы применения они подразделяются на 36 групп.

Для глин основными качественными характеристиками, определяющими сферы их использования, являются: пластичность, набухаемость, усадка, спекаемость, огнеупорность, вспучиваемость, адсорбционная способность, окраска до и после обжига, связующая способность, санитарно-гигиенические показатели. Месторождения глин в зависимости от качественных характеристик подразделяются на четыре группы: 1) легкоплавкие преимущественно гидрослюдистые глины (огнеупорность ниже 1350°C), широко используемые в строительстве, в том числе для изготовления керамического кирпича, цемента, черепицы, дренажных труб, гончарной посуды, керамзита; 2) тугоплавкие глины (огнеупорность 1350–1580°C) с существенным содержанием каолинита, и применяемые главным образом для производства строительной и санитарно-технической керамики, кислотоупорных изделий; 3) огнеупорные глины (с огнеупорностью выше 1580°C), имеющих гидрослюдисто-каолинитовый состав и применяемых в основном для производства огнеупорных изделий и материалов; 4) адсорбционные глины, называемые по преобладающему минералу монтмориллонитовыми (бентонитовыми), палыгорскитовыми или сепиолитовыми; обладая повышенной связующей способностью, адсорбционной и

каталитической активностью, способностью образовывать в воде устойчивые суспензии, такие глины используются для очистки нефтепродуктов, масел, вин, приготовления буровых растворов, в природоохранных целях и пр.

2.4. Горнотехнические условия эксплуатации месторождения

Горнотехнические условия эксплуатации определяют выбор способа (открытый, подземный или комбинированный) и системы разработки месторождения. Они включают следующие характеристики:

- условия залегания залежей полезных ископаемых;
- мощность залежи и ее устойчивость;
- длина тела полезного ископаемого;
- глубина залегания, коэффициент вскрыши;
- газоносность, пневмоконииоз-опасность.

Условия залегания (*угол падения, тектоническая нарушенность*). Угол падения залежей в значительной степени определяет выбор системы разработки месторождения (в первую очередь подземной). По величине угла падения различают залегание:

- 1) горизонтальное и весьма пологое ($0-5^\circ$);
- 2) пологое ($5-25^\circ$);
- 3) наклонное ($25-45^\circ$);
- 4) крутое ($45-60^\circ$);
- 5) весьма крутое ($60-90^\circ$).

Пликативная и дизъюнктивная тектоническая нарушенность залежей осложняет ведение подготовительных и очистных работ, ведет к увеличению потерь и разубоживания полезного ископаемого.

Мощность залежи и ее устойчивость. По величине мощности в горном деле принято выделять залежи:

- 1) тонкие ($<1,0 \div 1,5$ м);
- 2) средние ($1,0-1,5 \div 3-4$ м);
- 3) мощные ($3-4 \div 8-10$ м);
- 4) весьма мощные ($8-10 \div 50$ м);

5) сверхмощные (>50 м).

По степени устойчивости мощности залежи делят:

1) на устойчивые, непрерывно протягивающиеся, имеющие рабочую мощность в пределах всего шахтного поля или месторождения;

2) относительно устойчивые, имеющие нерабочую мощность не более чем 25% площади месторождения;

3) неустойчивые (прерывистые), имеющие нерабочую мощность на 25–50% площади месторождения;

4) крайне неустойчивые, имеющие нерабочую мощность на более 50% площади месторождения.

Разработка залежей, имеющих большую и устойчивую мощность, более эффективна по сравнению с эксплуатацией тонких и неустойчивых.

Важнейшим кондиционным требованием, предъявляемым к залежам полезных ископаемых, является *минимальная промышленная мощность*. Она представляет собой минимальную мощность тела полезного ископаемого, при которой разработка его еще экономически целесообразна. На участках, где залежь имеет мощность меньше минимально промышленной, в случае ее эксплуатации будет извлекаться значительное количество пустых пород. Это приведет к существенному разубоживанию полезного ископаемого и, как следствие, к экономической неэффективности разработки залежи.

Длина тела полезного ископаемого. По длине тела полезных ископаемых делятся:

1) на крупные (>1000 м);

2) средние (100–1000 м);

3) мелкие (<100 м).

Группировки залежей полезных ископаемых по величине мощности и длине учитываются при установлении группы сложности месторождения для целей разведки, а также при выборе оптимальной длины секций проб в горных выработках и скважинах.

Глубина залегания, коэффициент вскрыши. Глубина залегания тела полезного ископаемого определяет способ разработки месторождения: открытый, подземный или комбинированный.

При неглубоком залегании тел полезных ископаемых открытый способ более эффективен по сравнению с подземным. Экономическая эффективность открытой разработки определяется соотношением объемов (масс) вскрыши и полезного ископаемого.

Вскрыша – это пустые породы, которые необходимо удалить с залежи полезного ископаемого, чтобы обнажить ее для добычи. По мере увеличения глубины разработки экономическая эффективность открытого способа уменьшается в связи с необходимостью удалять все большее количество вскрышных пород.

Коэффициент вскрыши – это отношение количества вскрышных пород, приходящихся на единицу добытого или подлежащего добыче полезного ископаемого при открытом способе разработки месторождения. Количество вскрышных пород и полезных ископаемых измеряется в единицах массы или объема (т/т; м³/м³; м³/т).

Как показывает опыт, разработка месторождений открытым способом экономически эффективна при следующих максимально допустимых значениях коэффициента вскрыши:

- строительные материалы – 3;
- каменный уголь – 6;
- руды черных металлов – 10;
- руды цветных металлов – 40.

В мировой практике известны карьеры глубиной 500 м и более. Самым глубоким в мире карьером является «Каньон Бингхем» (рис.2.1) в штате Юта США (Kennecott Bingham Canyon Mine). Глубина карьера 1200 м, длина 4000 м. Карьер с 1863 г. разрабатывает меднопорфировое месторождение, приуроченное к монцонитам. Ежегодно в нем добывается порядка 270 тыс. т меди и 15 т золота.

Максимальная глубина подземной разработки в настоящее время достигает 4000 м и более. Наиболее глубокие шахты мира: «Тау-Тона» и «Витватерсранд» (ЮАР), имеющие глубину 5000 м. Температура воздуха в них достигает 60°C. В шахтах ведется добыча золота.



Рис. 2.1. Самый глубокий в мире карьер «Каньон Бингхем» (США, шт. Юта)

В России самой глубокой (1500 м) является шахта «Черемуховская-Глубокая», которая ведет разработку Североуральского месторождения бокситов (Свердловская область).

Серьезную проблему для работников горнорудных предприятий представляет пневмокониоз. *Пневмокониоз* (др.-гр. *pneumon* – легкие, *konis* – пыль) – группа заболеваний легких, вызванных длительным вдыханием производственной пыли; относится к профессиональным болезням. Встречается у рабочих горнорудной, угольной, машиностроительной и некоторых других отраслей промышленности. В зависимости от состава вдыхаемой пыли различают несколько видов пневмокониоза: силикоз, вызванный вдыханием пыли, содержащей большое количество свободного диоксида кремния; силикатоз (от пыли силикатов, т. е. веществ, содержащих диоксид кремния, связанный с другими элементами, например алюминием, магнием); асбестоз – от асбестовой пыли; талькоз – от тальковой пыли; антракоз – от каменноугольной пыли; сидероз – от пыли железа; силикоантракоз – от смешанной пыли диоксида кремния и каменного угля; и др.

2.5. Изменчивость геолого-промышленных параметров залежей

Изменчивость геолого-промышленных параметров влияет:

- на достоверность результатов разведочных работ;
- правильность проектных решений по эксплуатации месторождения;
- степень достоверности показателей планирования количества и качества добываемого полезного ископаемого.

Высокая степень изменчивости мощности тел полезных ископаемых, их контуров, интенсивная тектоническая нарушенность, высокая пространственная изменчивость содержаний главных компонентов и т.п. обуславливают необходимость проведения разведочных работ по густой сети. Это приводит также к существенному ухудшению экономических показателей разработки месторождения, в частности, к увеличению потерь и разубоживания полезного ископаемого.

Оценка изменчивости геолого-промышленных параметров ведется геометрико-статистическими методами. Применяются разнообразные характеристики изменчивости, с помощью которых оцениваются амплитудная, частотная или амплитудно-частотная изменчивость параметров. В качестве меры относительной амплитудной изменчивости до сих пор еще широко используется коэффициент вариации (табл. 2.4):

$$V = \frac{S}{\bar{x}} 100\%,$$

где V – коэффициент вариации; S – среднеквадратическое отклонение; \bar{x} – среднее значение параметра.

Приведенная в табл. 2.4 группировка изменчивости геолого-промышленных параметров с помощью коэффициентов вариации используется при определении расстояний между пробами, разведочными пересечениями, при установлении значений коэффициентов k в формуле обработки проб и др. Заметим, что в «Методических рекомендациях..., 2007» ранее принятое деление распределения компонентов по характеру изменчивости на весьма равномерный и равномерный откорректировано. Все

компоненты, имеющие изменчивость менее 40%, рекомендуется относить к равномерному типу.

Таблица 2.4

Группировка изменчивости геолого-промышленных параметров по значениям коэффициентов вариации
(по В.М. Крейтеру, 1961)

Характер распределения компонентов и виды полезных ископаемых	Коэффициент вариации, %	Группа сложности месторождения для целей разведки
1. Весьма равномерный: угли, горючие сланцы, осадочные железные руды, фосфориты, соли, известняки	<20	1-я
2. Равномерный: соли, сера, глины, марганец, эндогенные железные руды	20–40	1-я
3. Неравномерный: руды Pb, Zn, Cu, Ni, W, Sn, Mo	40–100	2-я
4. Весьма неравномерный: руды Sn, W, Mo, Au, редкие и рассеянные элементы	100–150	3-я
5. Крайне неравномерный: некоторые руды Au, редких и рассеянных элементов	>150	4-я

2.6. Гидрогеологические и инженерно-геологические условия разработки

Проникновение поверхностных и подземных вод в горные выработки осложняет ведение эксплуатационных работ, требует организации часто весьма дорогостоящего водоотлива. При больших водопритоках в горные выработки разработка месторождения может оказаться вообще невозможной. В зависимости от объемов притоков подземных вод в горные выработки месторождения по сложности гидрогеологических условий разработки подразделяются на четыре группы (табл. 2.5). При этом учитываются также глубина разработки и концентрация минеральных веществ в водах, которые могут оказывать агрессивное воздействие на машины и оборудование.

Таблица 2.5

Классификация месторождений
по сложности гидрогеологических условий разработки
(Нормы технологического проектирования
горнодобывающих предприятий..., 2014)

Группа сложности	Глубина разработки	Ожидаемые притоки подземных вод, м ³ /ч	Концентрация минеральных веществ в водах, г/дм ³
I	200–400	<500	<1
II	500–600	500–1000	1–10
III	>600	>1000	10–50
IV	>1000	>1000	>50

Особую опасность при разработке месторождений представляют такие явления, как присутствие напорных подземных вод, связь поверхностных вод с подземными, катастрофическая разгрузка статических вод карстовых полостей и т.п. Достаточно часто подсчет запасов полезных ископаемых (особенно общераспространенных), а также их добыча проводятся лишь до зеркала грунтовых вод.

Серьезные проблемы возникают при катастрофических притоках подземных вод, которые могут полностью затопить горные выработки и даже уничтожить месторождение. Особенно остра эта проблема на месторождениях солей. За последние 100 лет в мире затоплено свыше 80 соляных шахт: в Германии – 15, в Канаде – 15.

На Верхнекамском месторождении калийных солей с начала разработки (1925 г.) произошло три крупных аварии. В 1986 г. затоплена шахта БКРУ-3, в 1995 г. по этой же причине остановлена работа шахты СКРУ-2, в 2006 г. затоплен рудник БКРУ-1 (рис.2.2).

Для того чтобы экономически эффективно вести разработку, часто, особенно на месторождениях общераспространенных полезных ископаемых, подсчет запасов и последующая эксплуатация производятся только до зеркала грунтовых вод. Это позволяет вести работы по добыче без организации водоотлива.



Рис. 2.2. Верхнекамское месторождение солей.
Провал над затопленной шахтой БКРУ-1

Разработку месторождений осложняют слабая устойчивость горных пород и руд, сдвигание, пластическое течение, «стреляние» горных пород, обезвоживание водоносных горизонтов в процессе разработки, проявления горных ударов, развитие на площади месторождения многолетней мерзлоты и др. Для предотвращения возможных отрицательных последствий указанных явлений и процессов требуется проведение специальных работ, которые могут существенно удорожить стоимость эксплуатации месторождения.

2.7. Физико-географические и экономико-географические условия

Существенное влияние на экономическую эффективность разработки месторождения могут оказывать:

- климатические условия;
- рельеф местности;
- наличие водных ресурсов;

- наличие местных стройматериалов;
- развитость транспортно-энергетической инфраструктуры;
- населенность;
- наличие квалифицированной рабочей силы;
- экономическая освоенность территории,
- наличие предприятий – потребителей товарной продукции;
- экологические последствия, обусловленные принятой схемой разработки месторождения.

2.8. Себестоимость товарной продукции, конъюнктура рынка, рентабельность предприятия

Все вышерассмотренные факторы оказывают влияние на себестоимость товарной продукции, получаемой из добытого минерального сырья. Очевидно, что экономически эффективно горнодобывающее предприятие может работать лишь при условии превышения рыночной цены над себестоимостью товарной продукции. С учетом налогов именно эти два экономических показателя – себестоимость и цена – в конечном итоге и определяют рентабельность работы предприятия. Ухудшение конъюнктуры рынка и соответственно снижение цены на товарную продукцию могут привести к банкротству предприятия и, как следствие, к его закрытию или временной консервации.

3. ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

3.1. Общие положения

Прогнозирование полезных ископаемых представляет собой научное предвидение перспективных на обнаружение месторождений площадей, самих месторождений, их важнейших геолого-промышленных параметров на основе закономерностей строения и образования геологических объектов и проводимых на территории геологоразведочных работ. Объектами изучения при геологическом прогнозировании являются участки недр, на которых по совокупности геологических, минералого-геохимических, геофизических и других данных могут быть обнаружены месторождения полезных ископаемых.

3.1.1. Минерагеническое районирование земной коры

Основу прогнозирования месторождений полезных ископаемых составляет районирование земной коры в соответствии с выделяемыми минерагеническими таксонами. При этом каждое минерагеническое подразделение понимается как объемная структура, т. е. как блок земной коры до определенной глубины. Чем крупнее структура, тем с более глубинными преобразованиями земной коры связано ее развитие. При минерагенических построениях в отечественной геологии в настоящее время используется несколько близких по содержанию иерархических схем. Весьма важным является то, что при выделении минерагенических таксонов в большинстве схем сохранен принцип соответствия их тектоническим или близким к ним по содержанию структурно-формационным таксонам (табл. 3.1).

Иерархическое строение геологических объектов определяет всю стратегию геологоразведочных работ, заключающуюся в их стадийности. При этом на каждой стадии проводится комплексный геологический анализ исследуемой территории, на основе которого производится выделение площадей (объектов), заслуживающих более детального изучения.

Таблица 3.1

Система минерагенических подразделений
(Методическое руководство по составлению... геологической карты
РФ масштаба 1:1000000 третьего поколения, 2008)

Твердые полезные ископаемые		Горючие полезные ископаемые	
Линейно вытянутые объекты	Субизометричные объекты	Линейно вытянутые объекты	Субизометричные объекты
Минерагенический пояс	Минерагеническая провинция		Нефтегазоносная, угольная провинция
Минерагеническая мегазона	Минерагеническая субпровинция	Пояс углеобразования	
Минерагеническая зона (бассейн соленосный, фосфоритоносный и др.)	Минерагеническая область (бассейн соленосный, фосфоритоносный и др.)	Угольный, горючесланцевый бассейн	Область нефтегазоносная (угольный, горючесланцевый бассейн)
Рудоносная зона	Рудный район (узел)	Район нефтегазоносный, угольный, горючесланцевый	
Рудная зона	Рудное поле	Зона нефтегазоаккумуляции, угленакопления	
Месторождение		Месторождение	

Минерагенический пояс, минерагеническая провинция – крупная несущая полезные ископаемые площадь в сотни тысяч – первые миллионы квадратных километров, соответствующая основным (трансрегиональным) структурным единицам земной коры – складчатым поясам и платформам (или их крупным сегментам). В океанических блоках им могут соответствовать островодужные, срединно-океанические и другие системы. В пределах минерагенических провинций и поясов иногда выделяются крупные (первые сотни тысяч квадратных километров) их части – соответственно *субпровинции* и *мегазоны*, отличающиеся от смежных частей видовым составом полезных ископаемых и длительностью их формирования (количеством минерагенических эпох, этапов). Этому рангу примерно соответствует и *пояс углеобразования*.

Минерагеническая зона – линейно вытянутая площадь размером в десятки – первые сотни тысяч квадратных километ-

ров, соответствующая субрегиональным элементам тектонического (или структурно-формационного) районирования, история геологического развития которой определила тот или иной тип ее минерагенической специализации. Для минерагенических подразделений, аналогичных по размерам, но не имеющих отчетливо выраженной линейности, применяется термин «*минерагеническая область*». В минерагенических поясах зоны в совокупности выполняют, как правило, все их пространство и имеют общие со смежными зонами участки границ. Для платформенных провинций зоны (или области), обычно отвечающие тем или иным «горизонтам» накопления полезных ископаемых, «дискретны» и могут пересекаться в плане. Реально же рудоносность минерагенических зон и областей резко неравномерна по площади и проявляется в виде рудных узлов и районов, локализованных в них автономно (дискретно). Но при этом они почти полностью определяют их суммарную продуктивность. К этому же рангу относятся *угольные, горючесланцевые, соленосные, фосфоритоносные* и другие *бассейны*.

Рудный район или (в линейном варианте) *рудоносная зона* – площадь ($n \cdot 10^3 - 10^4$ км²) развития отчетливых признаков рудоносности, включающая несколько месторождений и значительное число благоприятно сочетающихся минерагенических факторов (представленных обычно несколькими рудоформирующими системами) и отличающаяся более высокой рудонасыщенностью по сравнению с окружающими территориями; включает, как правило, ряд пространственно сближенных однотипных рудных узлов и полей. Контуров рудных районов и рудоносных зон определяются сочетанием естественных границ (геологических, геохимических, геофизических, геоморфологических и пр.). Термин *угольный район* применяется как к линейным, так и к субизометричным площадям.

Рудный узел – аномально рудоносный участок земной коры площадью в сотни ($n \cdot 10^2 - 1,5 \cdot 10^3$) км², имеющий относительно изометричную или неправильную форму, образованный локальным сочетанием благоприятных минерагенических факторов, проявленных в одной или нескольких рудоформирующих системах (осадочных, магматических, гидротермально-метасоматических и др.), вмещающий совокупность простран-

ственно сближенных рудных объектов (или рудных полей), среди которых есть как минимум одно месторождение. Как и в рудных районах, контуры рудных узлов очерчиваются естественными (геологическими или дизъюнктивными) границами или их сочетаниями. Рудные узлы, как и рудоформирующие системы, могут быть моно- и полиэлементными (комплексными), моно- и полихронными. Для линейных в плане минерагенических подразделений данного ранга рекомендуется используемый в геологической практике термин "*рудная зона*".

Рудное поле (*поле месторождений полезных ископаемых*) – это часть рудного района размером в несколько десятков квадратных километров. Рудоносность рудных полей определяется сочетанием пород определенной формационной и фациальной принадлежности, локальных тектонических элементов, зон метасоматических изменений. Рудные поля характеризуются скоплением месторождений, рудопроявлений, пунктов минерализации определенного рудно-формационного типа. Для перспективных рудных полей, на которых еще не обнаружены месторождения, применяется термин «*потенциальное рудное поле*».

Месторождение. Как следует из определения, приведенного в разделе 1, это понятие не является чисто геологическим. Месторождение полезных ископаемых – это геолого-экономическая категория. Площадь месторождений, как правило, составляет несколько квадратных километров. Они обычно приурочены к отдельным элементам геологического строения или к их сочетанию.

Поисковый (перспективный) участок – структурно-обособленная площадь рудного поля размером в несколько квадратных километров, в пределах которой развиты рудовмещающие породы, содержащие признаки промышленного оруденения. Поисковый участок эквивалентен потенциальному месторождению.

Прогнозируемые (потенциальные) рудные узлы (РУП) или прогнозируемые (потенциальные) зоны нефтегазонакопления (ЗНГНП) выделяются как участки (блоки) земной коры, характеризующиеся наличием благоприятных признаков (для твердых полезных ископаемых в обязательном порядке – проявлений) и предпосылок на обнаружение полезных ископаемых,

но отсутствием установленных месторождений. Аналогичным образом выделяются прогнозируемые (потенциальные) ареалы угленакопления и минеральных вод и другие минерагенические таксоны.

При нефтегазогеологическом районировании в качестве основных выделяются следующие перспективные территории.

Нефтегазоносная провинция – площадь распространения ассоциации смежных нефтегазоносных областей с общими чертами истории геологического развития и строения, приуроченная к отложениям большого стратиграфического диапазона (до нескольких эратем) в пределах крупных региональных морфо- и палеоструктур (антеклизы, синеклизы, краевые прогибы, авлакогены, внутригеосинклинальные и межгорные впадины или их системы) или различных их сочетаний, вплоть до охвата всей или значительной части платформы. В последнем случае возможно употребление термина “*мегапровинция*”.

Нефтегазоносная область – часть территории нефтегазоносной провинции (или самостоятельная нефтегазоносная область в случае обособленного ее расположения), отличающаяся общностью геологического развития и условий нефтегазонакопления, определенным набором нефтегазоносных комплексов и приуроченная к отдельным или различным сочетаниям крупных (свод, мегавал, впадина, мегапрогиб) или даже к крупнейшим (антеклиза, синеклиза, региональный или краевой прогиб, авлакоген, региональная ступень, межгорная впадина, срединный массив) структурным формам (современным или реконструируемым).

Нефтегазоносный район – часть территории нефтегазоносной области (или провинции; в случае обособленного расположения – самостоятельный нефтегазоносный район), образующая частично или полностью общую среднюю (куполовидное поднятие, вал, антиклиналь, котловину, прогиб, синклиналь, моноклиналь, седловину) или крупную (свод, мегавал, совокупность синклиналей, моноклиналь, седловину) структуру или различные их сочетания, отличающаяся определенным фазовым составом скоплений (месторождений) и общностью условий аккумуляции углеводородов, литологическими особенностями разреза и набором продуктивных горизонтов (групп пластов).

Зона нефтегазонакопления (ЗНГН) – часть пространства нефтегазоносных провинций, областей или районов, концентрация скоплений углеводородов, в пределах которой контролируется сочетанием благоприятных для нефтегазонакопления тектонических, литологических, стратиграфических, гидрогеологических обстановок.

3.1.2. Виды геологического прогноза

В соответствии с выделяемыми разномасштабными минерагеническими таксонами принято выделять и разномасштабные уровни прогнозирования полезных ископаемых: планетарный, региональный, локальный и детальный.

Планетарный прогноз представляет собой глобальное обобщение материалов по размещению полезных ископаемых, включающее минерагеническое картографирование в масштабах 1:2500000 и мельче. Минерагеническому картографированию предшествует составление геологических карт и карт размещения полезных ископаемых соответствующих масштабов. В результате этих обобщений уточняется строение и металлогеническая специализация провинций, что в свою очередь служит основой для выделения минерагенических *субпровинций* и *мегазон*, их оценки на обнаружение полезных ископаемых.

Региональный прогноз имеет разноуровневый характер, что определяется уровнем генерализации материалов и включает выявление закономерностей размещения полезных ископаемых в пределах минерагенических провинций с последовательным выделением и комплексной перспективной оценкой в их пределах *субпровинций, областей, поясов (бассейнов)*.

Мелкомасштабное прогнозирование сопровождается составлением минерагенических карт масштаба 1:1000000–1:500000, на которых оконтуриваются субпровинции и области. Их составление ведется или на геологической, или на геолого-формационной основе.

Среднемасштабное прогнозирование сопровождается составлением минерагенических карт, называемых картами закономерностей размещения и прогноза полезных ископаемых, масштаба 1:200000–1:100000. Основу таких карт обычно состав-

ляют геологические карты и карты полезных ископаемых. Выделяемые на них перспективные геологические объекты по размеру соответствуют картируемым в этом масштабе образованиям: для стратифицированных – ранга свит (подсвит), иногда метаморфических серий и комплексов; для плутонических и субвулканических, а также для метаморфических нестратифицированных – ранга комплексов, подкомплексов, фаз и фаций. Кроме того, перспективные объекты могут соответствовать по размерам ареалам и зонам эндогенно и экзогенно измененных пород, а также площадям развития импактитов или представлять собой линейно вытянутые объекты, приуроченные к картируемым вне масштаба разрывным нарушениям, дайкам, маркирующим горизонтам и т.п. При среднемасштабном прогнозировании выделяются минерагенические таксоны ранга *рудных районов (рудноносных зон)* и *рудных узлов*. Экономическая оценка выделенных перспективных объектов ведется на основе определения прогнозных ресурсов категории P_3 (иногда P_2).

Крупномасштабное прогнозирование осуществляется в масштабе 1:50000. Прогнозирование ведется путем комплексного минерагенического анализа территории, сопровождаемого составлением карты закономерностей размещения и прогноза полезных ископаемых. Основой для составления таких карт являются геологические карты и карты полезных ископаемых. В результате этих исследований выявляются и оконтуриваются *рудные поля (рудные зоны)*. При отсутствии в пределах оконтуренных рудных полей месторождений они рассматриваются как *потенциальные рудные поля*. Экономическая оценка объектов ведется по результатам определения прогнозных ресурсов категорий P_2 (P_1).

Локальный прогноз дается на стадиях поисковых и оценочных работ.

Прогноз на стадии поисковых работ осуществляется в масштабах 1:25000–1:10000 и крупнее. Эти работы проводятся в пределах потенциальных рудных районов и полей и специализированы на обнаружение месторождений конкретных геологопромышленных типов. Их цель – выявление локальных факторов контроля оруденения, оконтуривание перспективных площадей (участков), содержащих проявления полезных ископаемых, ми-

нералого-геохимические и геофизические аномалии высокой интенсивности и контрастности. Их заверка осуществляется поверхностными горными выработками и единичными буровыми скважинами. Экономическая оценка выявленных объектов дается на основе расчетов прогнозных ресурсов категорий P_2 (P_1).

Локальный прогноз на стадии оценочных работ дается на выявленных и положительно оцененных перспективных площадях, на которых обнаружены перспективные скопления полезных ископаемых. Геолого-структурные факторы локализации, пространственное положение залежей, основные геолого-промышленные параметры оруденения определяются путем проходки и исследования поверхностных горных выработок и буровых скважин по регулярной сети. Экономическая оценка промышленной ценности месторождения дается по результатам подсчета запасов по категории C_2 для большей части объекта и категории C_1 на участках детализации. По менее изученным частям месторождения (флангам и глубоким горизонтам) определяются прогнозные ресурсы категории P_1 .

Детальный прогноз дается на стадиях разведки и эксплуатационной разведки. Этот вид прогноза предусматривает уточнение геологического строения месторождения, пространственного положения залежей, закономерностей распределения геолого-промышленных параметров внутри залежей, эксплуатационных этажей и блоков, а также прогноз новых залежей на флангах и глубоких горизонтах.

Создаваемая на стадии «разведка месторождения» сеть горных выработок и скважин должна обеспечивать степень изученности, достаточную для составления технико-экономического обоснования (ТЭО) постоянных кондиций и технического проекта разработки месторождения. Подсчет запасов с учетом группы сложности месторождения ведется по категориям А, В, C_1 , C_2 .

Разведочная сеть на стадии «эксплуатационная разведка» должна обеспечивать возможность текущего и оперативного планирования добычных работ, определения потерь и разубоживания полезного ископаемого. При этом запасы полезных ископаемых по степени подготовленности к отработке делятся на вскрытые, подготовленные и готовые к выемке.

* *
*

Все виды геологического прогнозирования взаимосвязаны. Поэтому на любой стадии прогнозирования следует учитывать как планетарные, региональные, локальные, так и детальные закономерности размещения оруденения. Методика прогнозирования включает создание обобщающих моделей разноуровневых минерагенических таксонов и оценку соответствия выделяемых на конкретных территориях минерагенических объектов созданным моделям. Поскольку каждый минерагенический объект по своему уникален, для него целесообразно найти наиболее подходящий объект-аналог. Проверка соответствия исследуемого объекта модели производится в процессе проведения геологоразведочных работ. Это дает возможность выявить его индивидуальные свойства и оценить возможность перехода к следующей стадии изучения. Выявленные свойства изучаемого объекта могут стать материалом для уточнения обобщенной модели.

3.2. Поисковые критерии прогнозирования

Поиски месторождений полезных ископаемых ведутся на основе поисковых критериев (критериев потенциальной рудоносности).

Поисковые критерии представляют собой совокупность эмпирически установленных геологических факторов, определяющих потенциальную возможность выявления разномасштабных скоплений полезных ископаемых (тел, месторождений, полей, узлов, районов, областей, провинций) в пределах изучаемых участков недр. Они включают в себя понятия: *поисковые предпосылки* и *поисковые признаки* потенциальной рудоносности недр. Поисковые критерии учитываются при прогнозно-минерагенических построениях на всех этапах и стадиях изучения территорий с целью выбора первоочередных площадей для постановки геологосъемочных, поисковых, оценочных и разведочных работ, а также выбора комплекса методов поисков.

3.2.1. Поисковые предпосылки

Поисковые предпосылки – это группа эмпирически установленных и в дальнейшем теоретически обоснованных благоприятных факторов, влияющих на формирование и закономерности размещения проявлений полезных ископаемых различного масштаба. Иными словами, это разнообразные геологические данные, указывающие на возможность образования месторождений и локализации их в данной геологической обстановке. По связи с полезными ископаемыми поисковые предпосылки подразделяются: 1) на стратиграфические, 2) литолого-фациальные, 3) тектонические, 4) магматические, 5) геохимические, 6) геоморфологические, 7) геолого-формационные.

Поисковые предпосылки являются основой прогнозирования месторождений полезных ископаемых и характеризуются уреченным строением. По масштабу проявления они подразделяются на планетарные, региональные, локальные и детальные.

Стратиграфические предпосылки

Стратиграфические предпосылки основаны на использовании устойчивых временных связей полезных ископаемых с историей развития земной коры и возрастом различных геологических образований. Заключаются в приуроченности месторождений к горным породам определенного возраста и являются важнейшими при прогнозировании осадочных, остаточных и вулканогенно-осадочных месторождений (уголь, железные и марганцевые руды, бокситы, соли, фосфориты и др.). Планетарные стратиграфические предпосылки выражаются в приуроченности полезных ископаемых к определенным системам (периодам); региональные – к отделам (эпохам); локальные – к ярусам, свитам, пачкам.

Для решения задач локального и особенно детального прогнозирования точность биостратиграфических методов расчленения слоистых толщ, как правило, недостаточна. Поэтому для этих целей широко используются литологические методы.

Общеизвестными являются планетарные эпохи угленакпления: каменноугольная, пермская, юрская, меловая и палеоген-неогеновая. Региональными предпосылками, например, для

Донбасса являются толщи среднего и верхнего карбона, локальными – углесодержащие смоляниновская (C_2^3), каменная (C_2^5), алмазная (C_2^6), горловская (C_2^7) и некоторые другие свиты и их части. В целом же угленосная толща содержит до 200 пластов угля, однако далеко не все из них являются промышленными.

В качестве примера, иллюстрирующего приуроченность толщ солей к стратиграфическим подразделениям пермской системы, ниже приведен геологический разрез Верхнекамского месторождения (рис. 3.1). Как следует из рисунка, продуктивные пачки (сильвинитовая и карналлитовая) являются составной частью березниковской свиты иренского горизонта кунгурского яруса.

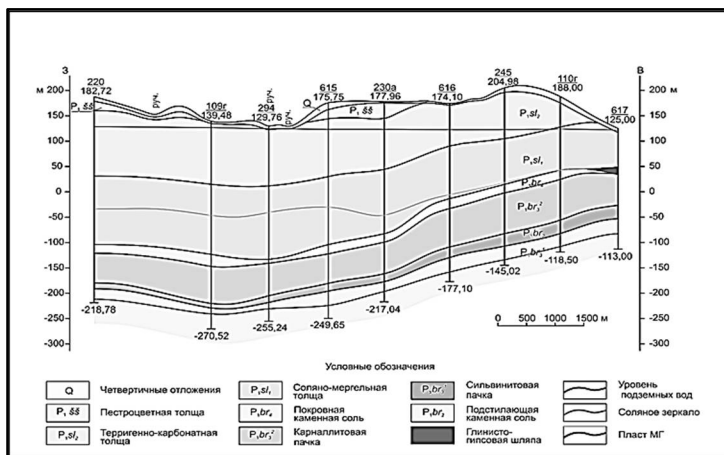


Рис. 3.1. Геологический разрез Верхнекамского месторождения (по А. И. Кудряшову, 2001)

Значительное число месторождений приурочено к стратиграфическим перерывам (месторождения железа, марганца, бокситов, фосфоритов, известняков, песков, глин и др.).

Для месторождений эндогенной серии стратиграфические предпосылки имеют опосредованный через литологический состав горных пород характер: залежи полезных ископаемых локализируются в слоях, благоприятных для рудообразования (например, скарновые, сурьмяно-ртутные).

Литолого-фациальные предпосылки

Литолого-фациальные предпосылки основаны на связи образования и размещения залежей полезных ископаемых с составом и фациями горных пород. Хорошо известно, что месторождения железа, марганца, бокситов, фосфоритов, каменного угля, солей и других полезных ископаемых образуются во вполне определенных фациальных обстановках. В условиях теплого гумидного климата образуются залежи каменного угля, бокситов, силикатных никелевых руд. В аридных лагунах – месторождения калийных, поваренных солей, мирабилита, гипса, ангидрита и др. В специфических морских обстановках формируются вулканогенно-осадочные месторождения меди, железа, марганца.

Для формирования эндогенных месторождений существенное значение имеет наличие горных пород, благоприятных для рудообразования по литологическому и минеральному составу, химическим и физико-механическим свойствам. Рудообразование может происходить либо по способу метасоматического замещения, либо по способу выполнения трещин и пустот. Например, скарновые залежи образуются по пластам благоприятных карбонатных пород, а согласные гидротермальные залежи (полиметаллов, меди, сурьмяных, ртутных руд) – по пластам высокопористых (песчаников, гравелитов, вулканогенно-осадочных) пород. При этом немаловажную роль играет присутствие в толще экранирующих (малопроницаемых) горных пород, которые препятствуют рассеянию рудообразующих флюидов (рис.3.2; 3.3).

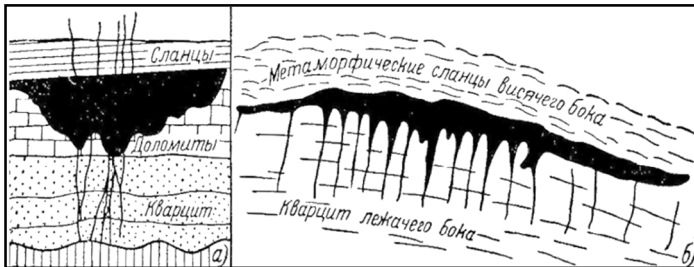


Рис. 3.2. Рудные тела под экранами (по Ирвингу и Спенсеру). Гидротермальные руды образовались в трещиноватых доломитах под экраном сланцев (а), в трещиноватых кварцитах под экраном метаморфических сланцев (б)

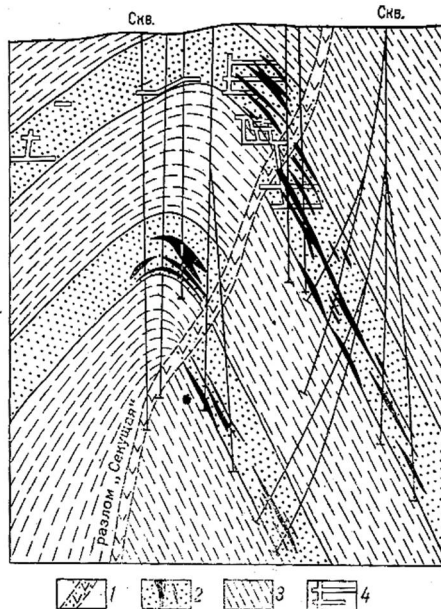


Рис. 3.3. Пластообразные залежи киновари в горизонтах песчаников Никитовского месторождения (Донбасс) (по А. Добрянскому):
 1 – зона брекчирования разлома «Секущая дайка»; 2 – рудные тела в песчаниках; 3 – безрудные сланцы; 5 – подземные горные выработки. Песчаники являются пористыми горными породами, что обеспечивает рудообразование по способу выполнения трещин и пустот

Тектонические предпосылки

Тектонические предпосылки прогнозирования выражаются в приуроченности месторождений к тектоническим структурам (пликативным, дизъюнктивным, массивам магматических пород, метаморфическим образованиям). Они могут проявляться на различных тектонических уровнях. Региональные тектонические структуры контролируют размещение минерагенических провинций, бассейнов, поясов, рудных районов, полей и даже месторождений.

Как отмечалось выше, региональное прогнозирование осуществляется путем составления мелко- и среднemasштабных

прогнозно-минерагенических карт и карт закономерностей размещения и прогноза полезных ископаемых (крупномасштабное прогнозирование). При этом следует иметь в виду, что набор полезных ископаемых в существенной степени зависит от тектонической принадлежности территории к той или иной тектонической области (платформа и ее структурные элементы; складчатая область и ее структурные элементы). Например, складчатые области характеризуются широким развитием эндогенных и метаморфогенных месторождений, платформенные плиты – месторождений осадочного происхождения, выветривания, месторождений, связанных с тектоно-магматической активизацией.

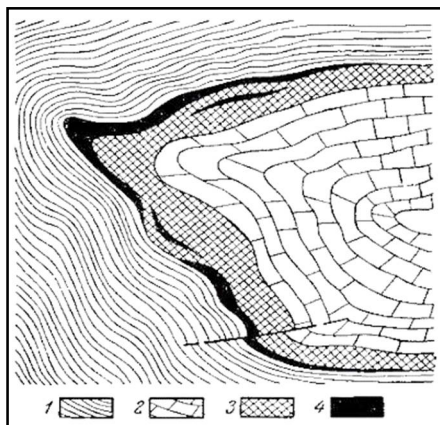


Рис. 3.4. Седловидная антимонитовая залежь на месторождении Средней Азии. Разрез (по В. И. Смирнову, 1982):
1 – сланцы; 2 – известняки; 3 – бедная руда; 4 – богатая руда

Локальные тектонические структуры (складки, разломы, трещины и т.п.) контролируют локализацию минерализованных зон, залежей полезных ископаемых, их внутреннее и внешнее строение (рис. 3.4; 3.5; 3.6; 3.7).

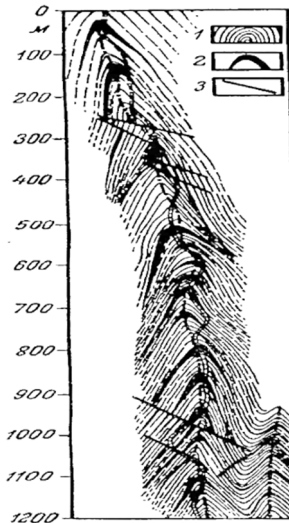


Рис. 3.5. Седловидные кварцево-золоторудные залежи месторождения Бендигго. Австралия. Разрез (по В. И. Смирнову, 1982):

1 – сланцы и песчаники; 2 – руда; 3 – сбросы

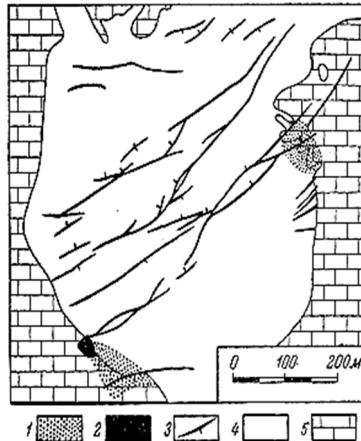


Рис.3.6. Медные жилы месторождения Морочоча (Перу) (по Е. Трефцджеру):

1 – вкрапленные руды; 2 – массивные руды; 3 – рудные жилы; 4 – кварцевые монзониты; 5 – известняки.

Жилы приурочены к двум системам трещин скола

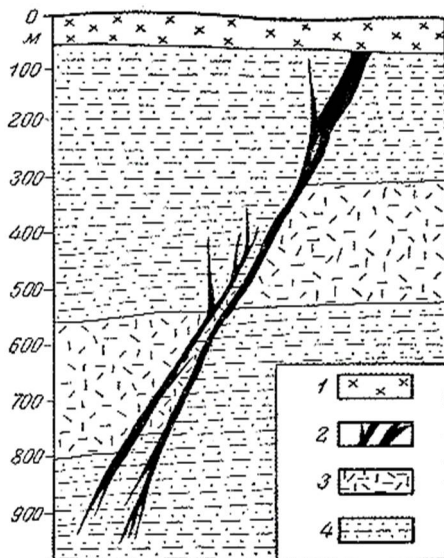


Рис. 3.7. Золото-серебряная жила Сан-Рафэль (Мексика)
(по В. Линдгрёну): 1 – покров кайнозойских андезитов; 2 – рудная жила; 3 – миоценовые андезиты; 4 – юрские сланцы и песчаники.

Жила приурочена к сбросу

Магматические предпосылки

Магматические предпосылки основаны на связи месторождений с магматическими процессами. Особое значение они имеют для месторождений эндогенной серии (магматических, карбонатитовых, пегматитовых, альбитит-грейзеновых, скарновых, гидротермальных, колчеданных). При их анализе необходимо обращать внимание на связь с составом и закономерности пространственного размещения оруденения относительно материнского массива.

Связь с составом. С дунитами и перидотитами связаны месторождения хрома, платины; с кимберлитами и лампроитами – коренные месторождения алмазов; с пироксенитами – титаномагнетитовых руд; с габбро-норитами – сульфидных медно-никелевых руд с платиноидами; с породами среднего и кислого состава – широкий ряд пегматитовых, скарновых, альбитит-грейзеновых и гидротермальных месторождений пре-

имущественно цветных, редких и благородных металлов; с нефелиновыми сиенитами – апатита, ниобия, редкоземельных элементов; с карбонатитами – железа, флогопита, вермикулита, циркония, апатита, редкоземельных элементов и др.; с базальт-андезит-липаритовыми вулканогенными постройками – серно- и медноколчеданные и колчеданно-полиметаллические.

Для эндогенных месторождений характерна общая закономерность размещения: по мере удаления от материнского массива высокотемпературные месторождения сменяются низкотемпературными (рис. 3.8).

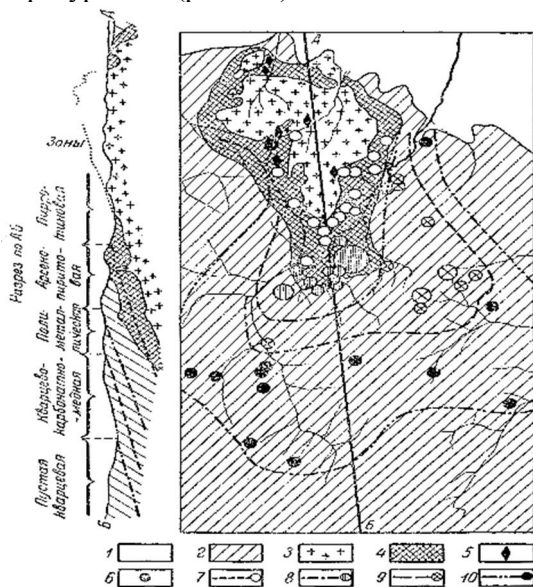


Рис. 3.8. Зональное размещение месторождений вокруг гранитного массива (по В. И. Смирнову, 1982):

1 – третичные и четвертичные отложения; 2 – нижнепалеозойские породы; 3 – граниты; 4 – роговики; 5 – пегматитовые жилы; 6 – везувиан-гранатовые скарны с шеелитом, молибденитом, арсенопиритом и висмутином; 7 – пирротин-халькопиритовые жилы; 8 – арсенопиритовые жилы; 9 – полиметаллические жилы; 10 – кварц-карбонатные жилы с халькопиритом и галенитом. Размер знака месторождения пропорционален размеру месторождения.

По мере удаления от гранитного массива высокотемпературное оруденение сменяется низкотемпературным

Условия локализации эндогенных месторождений различных генетических типов относительно материнского массива изверженных пород в существенной степени зависят от глубины эрозионного среза.

Следует иметь в виду, что магматические предпосылки используются при прогнозировании не только эндогенных месторождений, но и осадочных (например, россыпных – платины, алмазов) и остаточных (коры выветривания) месторождений, например, силикатных никелевых руд, латеритных бокситов. Это обусловлено тем, что для образования россыпей или месторождений кор выветривания необходимо, чтобы где-то поблизости находились рудообразующие магматические горные породы.

Геохимические предпосылки

Сущность геохимических предпосылок заключается в использовании закономерностей поведения химических элементов в земной коре.

При использовании геохимических предпосылок для прогнозирования месторождений в первую очередь следует обратить внимание на концентрацию компонентов в горных породах района и сравнить их с мировыми и региональными кларками. Далее необходимо определить, соответствуют ли содержания компонентов литогенному или рудогенному уровням. При содержаниях химического элемента в петротипе в 1,5 и более раза больше кларкового петротип считается благоприятным для рудообразования. Если же его содержание ниже кларкового, то петротип для рудообразования считается неблагоприятным.

На основе анализа литолого-петрографического состава горных пород должны быть оценены возможности формирования геохимических барьеров (восстановительных, окислительных, щелочных, кислотных и т. д.), благоприятных для рудообразования. При этом следует иметь в виду, что на размеры ореолов рассеяния (рис. 3.9) и расстояние проникновения элементов за пределы залежей полезных ископаемых оказывает влияние их миграционная способность.

При прогнозировании месторождений должны учитываться также парагенетические ассоциации: элементов, минералов,

месторождений с учетом их генезиса. Примеры парагенетических ассоциаций приведены в табл. 3.2.

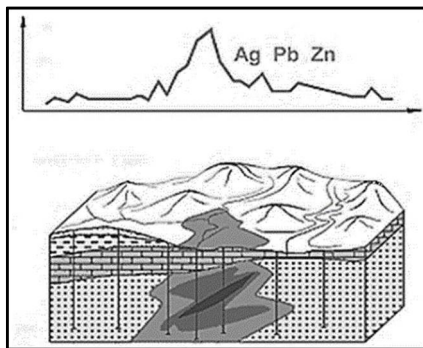


Рис. 3.9. Первичный ореол рассеяния (серое) вокруг полиметаллического рудного тела (черное) (по материалам Александровской опытно-методической экспедиции)

Таблица 3.2

Примеры парагенетических ассоциаций элементов, минералов, месторождений

Парагенетические ассоциации		
Элементы	Минералы	Месторождения
Zn–Pb–Cu–Cd–Ag (колчеданно-полиметаллические месторождения).	Сфалерит–галенит–халькопирит–пирит (первичная ассоциация колчеданных месторождений).	Fe–Zr–Nb–апатит–флогопит–вермикулит (карбонатитовые месторождения).
Cr–Pt (магматические месторождения).	Смитсонит–церуссит–азурит–малахит–лимонит (вторичная ассоциация колчеданных месторождений).	Каменный уголь–Ge–U–V (осадочные месторождения).
Ni–Co–Cu–Pt (магматические месторождения).	Хромшпинелид–самородная платина (магматические месторождения).	Соли: K–Na–Mg (осадочные месторождения)
Sn–W–Mo (грейзеновые месторождения).	Пентландит–кобальтин–халькопирит–пирротин–самородная платина (магматические месторождения).	
Fe–Mn (осадочные и вулканогенно-осадочные месторождения)	Касситерит–вольфрамит–молибденит (грейзеновые месторождения)	

Геоморфологические предпосылки

Геоморфологические предпосылки основаны на использовании закономерностей пространственного распределения месторождений, обусловленных формами рельефа. Их особенно следует учитывать при поисках остаточных и осадочных, включая россыпные, месторождений, образование которых связано с формированием рельефа. Это остаточные месторождения никеленосных кор выветривания, железа, бокситов, россыпи золота, платины, касситерита, вольфрамита, алмазов и других, а также песчано-гравийные месторождения.

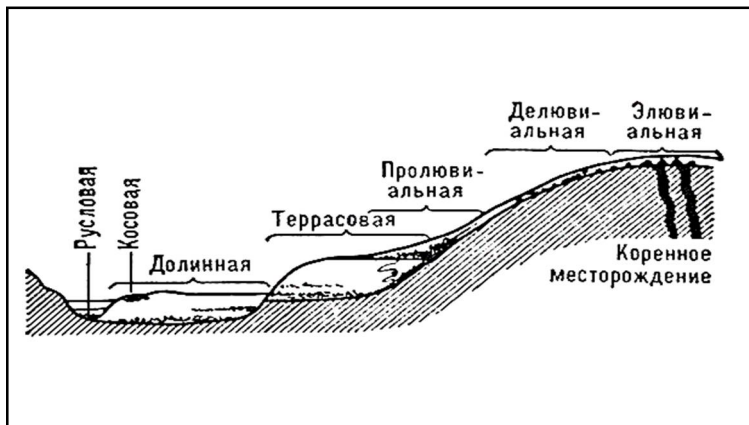


Рис. 3.10. Схема размещения россыпей в поперечном сечении речной долины

Среди россыпных месторождений выделяются элювиальный, делювиальный, пролювиальный, аллювиальный, литоральный (прибрежно-морской), гляциальный, эоловый классы. Месторождения всех перечисленных классов приурочены к вполне определенным элементам рельефа (рис. 3.10).

При геоморфологическом прогнозировании (в зависимости от масштаба исследований) следует учитывать иерархическую соподчиненность форм рельефа: мега-, макро-, мезо- и микроформы.

Для эндогенных месторождений большое значение имеет определение глубины эрозионного среза – мощности горных пород, денудированных после завершения складчатых и магма-

тических процессов. Это обусловлено тем, что многие типы эндогенных месторождений имеют вполне определенную глубину формирования относительно поверхности рельефа. По данным В.И. Смирнова (1982), глубины формирования гранитных пегматитов составляют от 1,5–2 до 16–20 км; грейзенов – от 1–1,5 до 4–5 км, скарнов – от 0,5 до 2,5 км, гидротермальных жил – от 0,5 до 4,5 км.

Геолого-формационные предпосылки

Геолого-формационные предпосылки основаны на связи полезных ископаемых с геологическими формациями (формациями горных пород). Геолого-формационные предпосылки являются синтезирующим критерием прогнозирования.

Геологическая формация – естественное закономерное сочетание горных пород, связанных общностью образования в условиях определенного тектонического режима. Выделяются формации осадочные, интрузивные, вулканогенные, метаморфические.

Наблюдается закономерная связь отдельных рудноформационных (геолого-промышленных) типов месторождений с конкретными геологическими формациями. Примеры такой связи приведены в табл. 3.3.

Таблица 3.3
Примеры связи геолого-промышленных типов месторождений с геологическими формациями

Геолого-промышленный тип месторождения	Геологическая формация
1	2
Хромшпинелидовый в альпино-типных гипербазитах	Дунит-перидотитовая
Сульфидный медно-никелевый	Габбро-норитовая
Титаномагнетитовый	Дунит-клинопироксенит-габбровая
Хрусталеносных пегматитов	Лейкогранитовых гранитоидов
Вольфрамит-молибденитовый	Лейкогранитовых гранитоидов
Скарново-магнетитовый	Плагиогранит-диорит-сиенитовая + вулканогенно-карбонатная
Хлоридных калийных, натриевых и магниевых солей	Галогенная

1	2
Каменных углей	Углистая
Железистых кварцитов	Амфиболит-зеленосланцевая
Кварц-касситерит-вольфрамитовый	Гранитовая
Галенит-сфалеритовый стратиформный	Морская карбонатная
Колчеданно-полиметаллический	Базальт-андезит-риолитовая контрастная
Силикатных никелевых руд коры выветривания	Гипербазитовая

При прогнозировании месторождений полезных ископаемых должен учитываться весь комплекс геологических предпосылок. Не все из них могут играть определяющую роль при прогнозировании месторождений конкретных типов в конкретном регионе. Задача геолога заключается в выборе важнейших из них и оценке степени влияния на локализацию оруденения в данной геологической обстановке.

3.2.2. Поисковые признаки

Поисковые признаки представляют собой геологические тела или присущие им свойства, указывающие на наличие или возможность выявления месторождений полезных ископаемых в определенном месте. В отличие от поисковых предпосылок они более конкретно указывают на наличие полезного ископаемого или реальную возможность его обнаружения. Поисковые признаки принято подразделять на *прямые и косвенные*.

Прямые поисковые признаки непосредственно указывают на наличие полезного ископаемого.

Косвенные поисковые признаки лишь косвенно свидетельствуют о наличии оруденения.

Прямые поисковые признаки

Как отмечено выше, прямые поисковые признаки непосредственно указывают на наличие полезного ископаемого в конкретном месте. К ним относятся:

- выходы полезных ископаемых на земную поверхность или обнаруженные в горных выработках (скважинах);
- ореолы и потоки рассеяния рудного вещества;
- некоторые геофизические аномалии;
- следы старых разработок полезных ископаемых, исторические (архивные) данные о горном промысле.

Выходы полезных ископаемых на поверхность или обнаруженные в горных выработках (скважинах). Это наиболее достоверный поисковый признак. Выявление полезных ископаемых в обнажениях, вскрытие их с помощью горных выработок или скважин (создание искусственных обнажений) – важнейшая поисковая задача. В результате этого появляется возможность установить минеральный состав, химические, технические и другие свойства полезного ископаемого, определить условия залегания и локализации оруденения, оценить потенциальные размеры скопления полезного ископаемого и др.

Следует иметь в виду, что наблюдаемые свойства залежей полезных ископаемых (вещественный состав, мощность и условия залегания) в зоне гипергенеза могут быть существенно иными по сравнению с теми, что будут обнаружены на глубине при вскрытии скважинами и горными выработками. В первую очередь это относится к изменениям полезных ископаемых, сложенных неустойчивыми в зоне окисления минералами (месторождения сульфидных руд, солей, каменного угля и др.). Например, для первичных неокисленных колчеданно-полиметаллических руд характерна ассоциация рудных минералов: сфалерит, галенит, халькопирит, пирит. В зонах окисления она превращается во вторичную, в составе которой обычно присутствуют смитсонит, церуссит, малахит, азурит, лимонит и др.

В приповерхностной зоне под действием гравитационных сил могут изменяться и углы падения залежей. Геохимические процессы, обусловленные окислением первичных минералов, могут приводить к уменьшению мощности рудных тел (рис. 3.11), а иногда и к увеличению (рис. 3.12).

Ореолы и потоки рассеяния представляют собой зоны повышенных концентраций (относительно фоновых) минералов или элементов вокруг залежей полезных ископаемых.

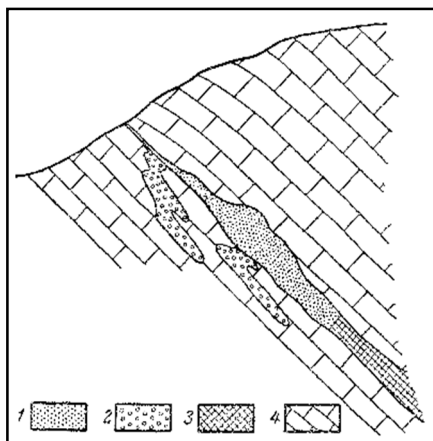


Рис. 3.11. Уменьшение мощности окисленной части полиметаллического рудного тела у выхода (по В. И. Смирнову, 1982):

1 – англезито-церуссовая руда; 2 – смитсонитовая руда; 3 – сульфидная полиметаллическая руда; 4 – известняки.

Уменьшение мощности рудного тела произошло за счет выщелачивания первичных руд

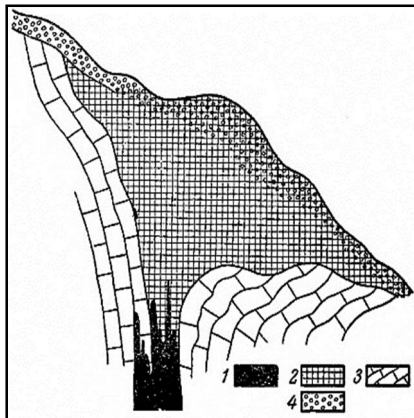


Рис. 3.12. Увеличение размеров окисленной части мышьякового рудного тела на выходе (по В. И. Смирнову, 1982):

1 – арсенопиритовая руда; 2 – скородитовая руда; 3 – известняки; 4 – делювий.

Увеличение размеров рудного тела произошло за счет замещения арсенопирита скородитом, которое сопровождается увеличением объема в 2,5 раза

Фоновые концентрации (вещественный состав, мощность и условия залегания) это средние содержания химических элементов в горных породах, почвах, водах, газах и растениях. Величины фоновых концентраций служат эталонами сравнения для выявления локальных объектов с аномально высокими (или аномально низкими) содержаниями элементов. Фоновые концентрации количественно определяются путем статистической обработки данных геохимического опробования конкретных геологических объектов в пределах однородных участков, удаленных от явных аномалий. Содержания элементов в каждой отдельной точке опробования на фоновых участках рассматриваются в качестве случайных величин, подчиняющихся нормальному или логарифмически нормальному закону распределения, т. к. их колебания вызваны одновременным и независимым влиянием большого числа различных причин. Величина фоновой концентрации и ее среднеквадратическое отклонение являются важнейшими параметрами местного геохимического фона – понятия, широко применяемого при геохимических поисках и разведке месторождений полезных ископаемых. Фоновые концентрации элементов от их кларковых значений отличаются обычно незначительно.

Ореолы рассеяния имеют бóльшие размеры, нежели создающие их залежи полезных ископаемых. Поэтому их обнаружить легче, чем сами залежи. На изучении ореолов рассеяния минералов основаны визуальный и шлиховой методы поисков, а на изучении ореолов рассеяния химических элементов – геохимические методы поисков.

По происхождению ореолы рассеяния подразделяются на первичные и вторичные.

Первичные ореолы рассеяния. Первичные ореолы рассеяния размещаются в коренных породах и формируются в процессе образования месторождений (или при их метаморфизме). Основными факторами их формирования являются диффузия и инфильтрация элементов в околорудном пространстве. Состав, форма, размеры ореолов зависят:

– от состава рудообразующих флюидов и геохимических особенностей (миграционной способности) слагающих их элементов;

- формы, состава и условий залегания рудных тел;
- физико-химических особенностей и условий залегания вмещающих пород.

Обобщенная схема строения первичного геохимического ореола рассеяния приведена на рис. 3.13.

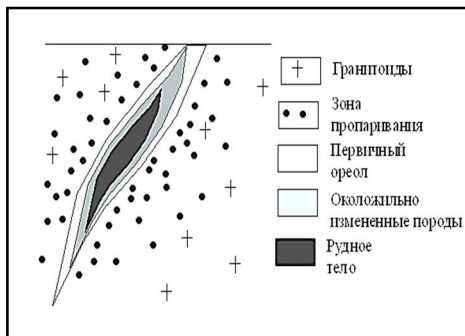


Рис. 3.13. Схема строения первичного ореола рассеяния

Первичные ореолы обычно залегают субсогласно с рудными телами, вытягиваясь вдоль них и существенно превосходя их по размерам (рис. 3.14).

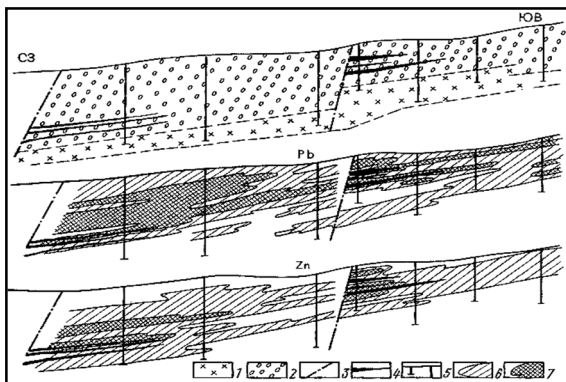


Рис. 3.14. Первичные геохимические ореолы месторождения

Тулы-1. Курусайское рудное поле. Таджикистан.

[Справочник по геохимическим методам поисков..., 1990]:

- 1 – андезит-дацитовые порфиры;
- 2 – известково-аркозовые конгломераты;
- 3 – разрывные нарушения;
- 4 – рудные тела;
- 5 – скважины;
- 6 – первичные ореолы;
- 7 – поля повышенных концентраций элементов

Первичные ореолы рассеяния имеют зональное строение, обусловленное геохимическими особенностями элементов, в частности их миграционной способностью. В зависимости от расположения наиболее высоких концентраций отдельных элементов относительно залежей полезных ископаемых выделяют ореолы: подрудные, околорудные, надрудные.

Зональность первичных ореолов проявляется в закономерном изменении концентраций элементов в различных направлениях. Различают зональность осевую, продольную и поперечную (рис. 3.15). *Осевая* зональность проявляется в направлении движения гидротермальных растворов (обычно по восстанию рудного тела), *продольная* – в направлении растекания растворов по простиранию рудного тела, *поперечная* – в направлении, перпендикулярном к осевой поверхности рудного тела.

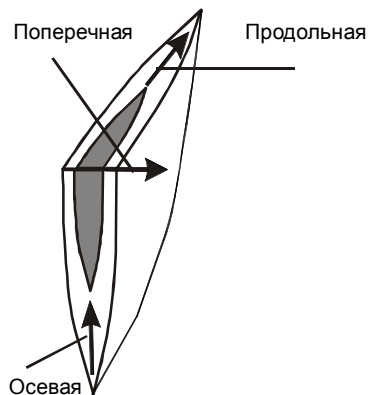


Рис. 3.15. Типы зональности в первичном ореоле
(по В. Г. Ворошилову, 2011)

Последовательность отложения элементов из единого гидротермального потока в целом однотипна. Наиболее подробно ряд вертикальной (осевой) зональности изучен для сульфидных гидротермальных месторождений. В пределах отдельных генетических типов элементы-индикаторы образуют достаточно устойчивые *ряды зональности*. По С. В. Григоряну (1987), обобщенный ряд зональности сульфидных гидротермальных месторождений (от подрудных к надрудным) имеет следующий

вид: W–Be–Sn–U–Mo–Co–Ni–Bi–Cu–Au–Zn–Pb–Ag–Cd–Hg–As–Sb–Ba–I (рис. 3.16; 3.17).

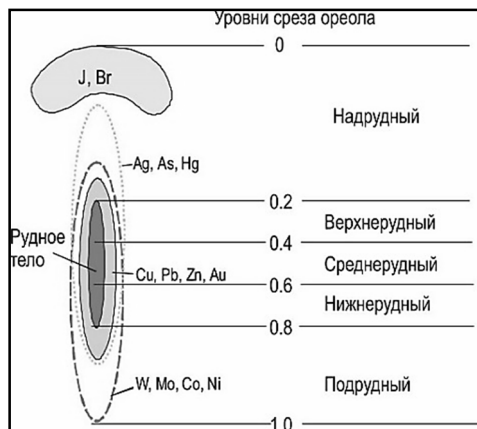


Рис. 3.16. Уровни максимального накопления элементов в первичном ореоле сульфидсодержащего рудного тела (по В. Г. Ворошилову, 2011)

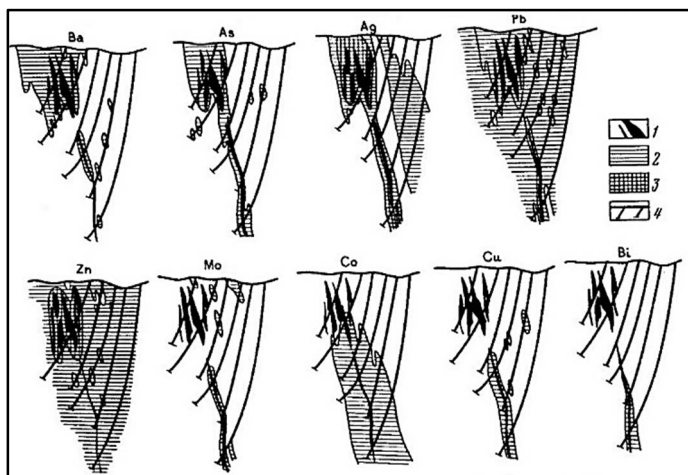


Рис. 3.17. Первичные геохимические ореолы месторождения Канимансур. Сев. Таджикистан (Справочник по геохимическим поискам..., 1990):
1 – рудные тела; 2 – первичные ореолы; 3 – поля повышенных концентраций элементов; 4 – скважины

По отношению к сульфидсодержащим рудам (например, полиметаллическим) эти элементы можно разделить на три группы: нижнерудную (подрудную), околорудную (среднерудную) и верхнерудную) и надрудную (см. рис. 3.16).

Важность изучения зональности первичных ореолов можно проиллюстрировать на примере рис. 3.18. Во всех пяти случаях скважина пересекла геохимический ореол одной и той же мощности с близкими содержаниями основного рудного элемента. В то же время проведение дальнейших геологоразведочных работ целесообразно только в случаях 1 и 4, т.к. скважины вскрыли надрудный ореол.

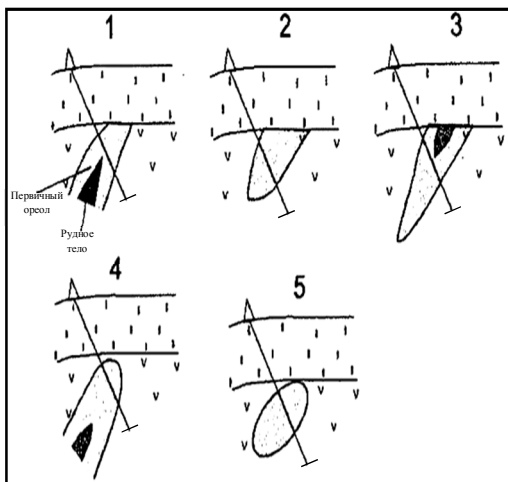


Рис. 3.18. Различные варианты вскрытия скважинами первичного геохимического ореола (по В. Г. Ворошилову, 2011)

На изучении первичных ореолов основан геохимический метод поисков месторождений по первичным ореолам рассеяния.

Вторичные ореолы и потоки рассеяния формируются в процессе разрушения месторождений и первичных ореолов. Они образуются:

- в почвах и рыхлых отложениях,
- растительности,
- поверхностных и грунтовых водах,
- приповерхностном и почвенном воздухе.

Различают ореолы и потоки вторичного рассеяния. Вторичные ореолы более или менее равномерной каймой окружают залежи полезных ископаемых. Потоки рассеяния имеют вытянутую форму, обусловленную течением водного потока (рис. 3.19).

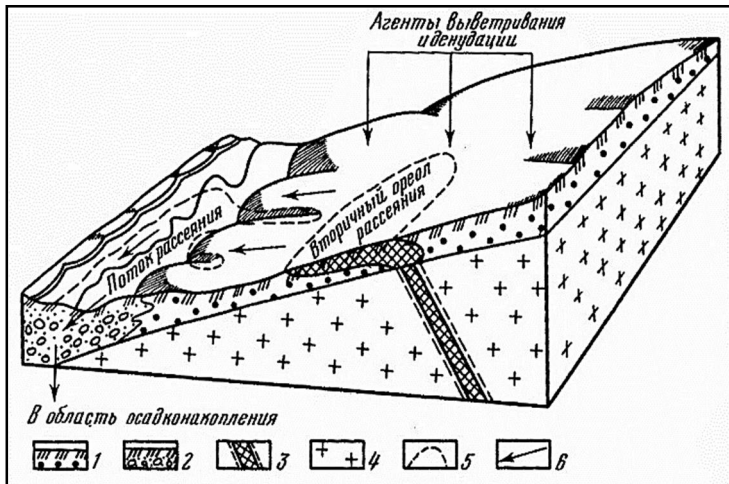


Рис. 3.19. Схема формирования вторичных ореолов и потоков рассеяния (по А. П. Соловову, 1985):

1 – элювиально-делювиальные отложения; 2 – делювий; 3 – рудное тело и его первичный ореол; 4 – рудовмещающие породы; 5 – контур аномальных содержаний элементов в продуктах выветривания, в речной воде и растительности; 6 – направление стока

Вторичные ореолы рассеяния, выходящие на земную поверхность, принято называть открытыми, а ореолы рассеяния, перекрытые более молодыми рыхлыми отложения, имеют закрытыми.

В. А. Алексеенко (2005) среди *открытых ореолов рассеяния* выделяет: I) остаточные (элювиально-делювиальные), II) наложенные диффузионные, III) наложенные аккумулятивные надрудные, IV) наложенные аккумулятивные оторванные, а среди *закрытых ореолов*: V) остаточные (элювиально-делювиальные) выщелоченные и предельно разубоженные,

VI) остаточные погребенные; VII) наложенные погребенные (рис. 3.20).

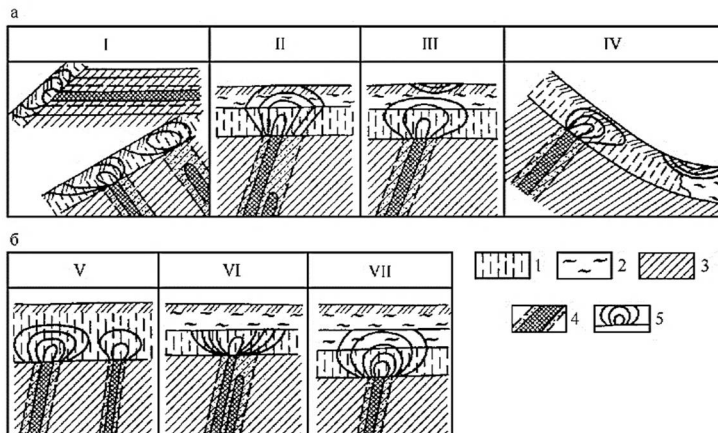


Рис. 3.20. Основные типы вторичных литохимических ореолов рассеяния

(Инструкция по геохимическим методам поисков..., 1965): а – открытые ореолы, б – закрытые ореолы. I – остаточные (элювиально-делювиальные); II – наложенные диффузионные; III – наложенные аккумулятивные надрудные; IV – наложенные аккумулятивные оторванные; V – остаточные (элювиально-делювиальные) выщелоченные и предельно разубоженные; VI – остаточные погребенные; VII – наложенные погребенные; 1 – современные элювиально-делювиальные образования или древняя кора выветривания; 2 – перекрывающие аллохтонные отложения; 3 – рудовмещающие породы; 4 – рудные тела и их первичные ореолы; 5 – вторичные ореолы рассеяния

В зависимости от фазового состояния продуктов разрушения вторичные ореолы и потоки рассеяния подразделяются:

- на механические,
- солевые,
- смешанные (литогеохимические),
- водные (гидрохимические),
- газовые (атмохимические),
- биогеохимические.

Механические ореолы рассеяния образуются при физическом разрушении химически устойчивых полезных ископаемых. По размеру обломков (Фролов В. Т., 1993) они подразделяются: на грубообломочные, или псефитовые с размерами зерен >2 мм; песчаные, или псаммитовые (2–0,05 мм); пылеватые, или алевритовые (0,05–0,001 мм). Могут находиться в элювиальных, коллювиальных, делювиальных, пролювиальных, аллювиальных, гляциальных отложениях. Основные типы вторичных литохимических ореолов рассеяния показаны выше (см. рис. 3.20).

На изучении механических ореолов рассеяния основаны обломочно-речной, валунно-ледниковый и илиховой методы поисков. Размер и окатанность обломков обусловлены физико-механическими свойствами полезного ископаемого, вмещающих пород и дальностью переноса.

Конфигурация ореолов определяется формой выхода рудного тела, крутизной склона, характером рельефа (рис. 3.21; 3.22).

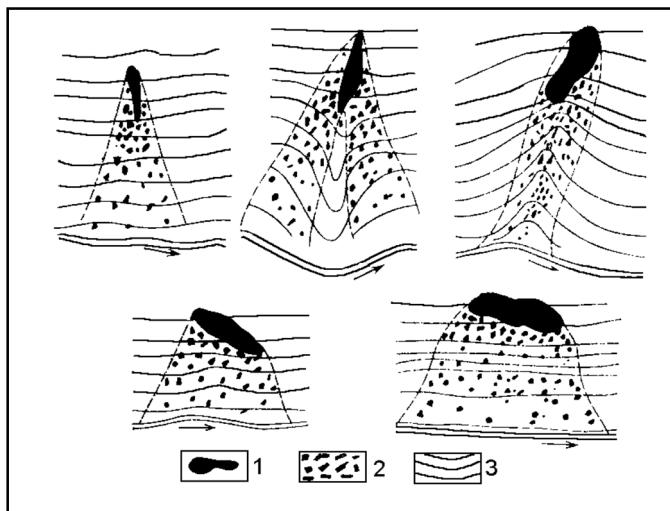


Рис. 3.21. Схема строения делювиальных ореолов рассеяния в зависимости от положения рудного тела в рельефе (по В. И. Бирюкову и др.):

1 – рудное тело, 2 – ореол, 3 – топогоризонталы

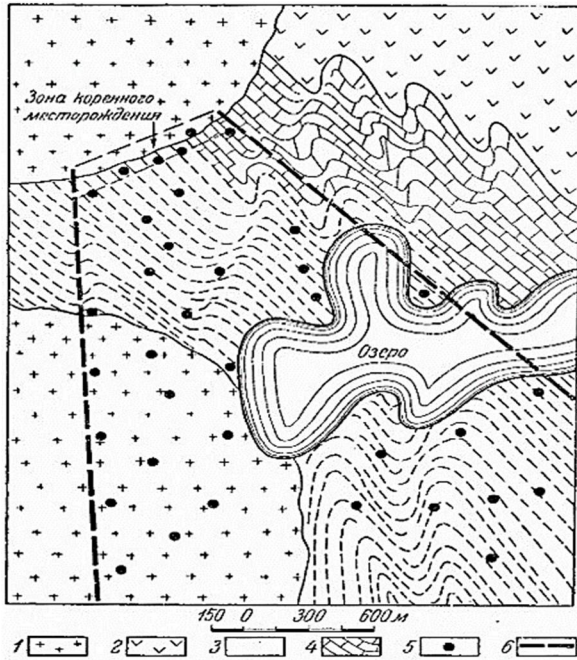


Рис. 3.22. Ореол рудных валунов в ледниковых отложениях
(по В. И. Смирнову, 1982):

- 1 – граниты; 2 – диабазы; 3 – сланцы;
4 – доломиты; 5 – рудные валуны; 6 – границы рудного веера

Солевые ореолы и потоки рассеяния образуются в результате разложения, растворения, переноса и переотложения рудного вещества в виде элементов или солей. Выпадение солей происходит: 1) вследствие изменения pH и Eh среды, 2) пере-сыщения растворов при испарении, 3) обменных реакций с окружающей средой, 4) сорбции.

На формирование солевых ореолов рассеяния существенное влияние оказывает климат. В условиях гумидного климата образуются погребенные ореолы; в условиях аридного климата – открытые, а в условиях умеренно влажного климата – неглубокие полузакрытые.

Для территорий с аридным климатом характерно естественное засоление почв и элювиально-делювиальных отложе-

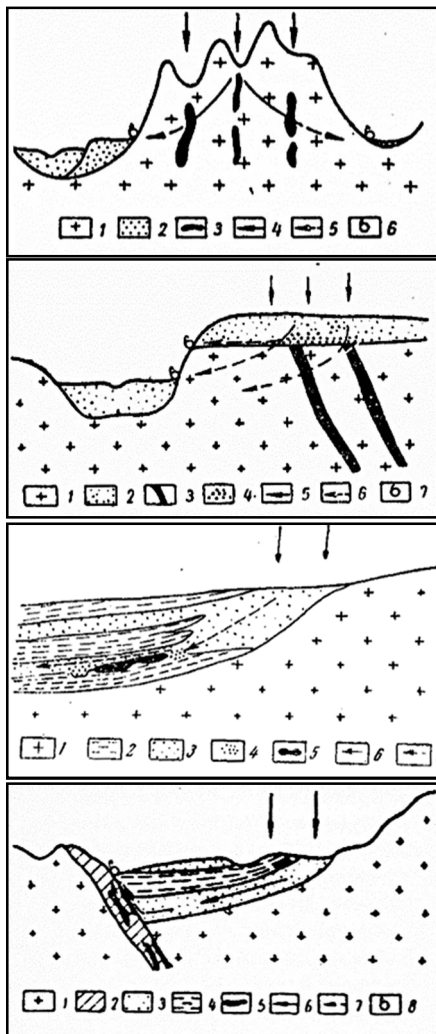
ний. Оно происходит в результате подтягивания солей к поверхностным слоям из грунтовых вод и коренных отложений при восходящем движении влаги. Влага по мере вертикально восходящего движения испаряется, а содержащаяся в ней соль откладывается на стенках порового пространства почв и рыхлых отложений. Высокое природное засоление характерно для осадков пустынь и полупустынь. Больше засолены отложения, образующиеся на коренных породах с высоким природным засолением и при неглубоком (менее 3 м от поверхности земли) залегании грунтовых засоленных вод.

Смешанные (литохимические ореолы) и потоки рассеяния. Чисто солевые и механические ореолы встречаются относительно редко. Чаще образуются смешанные ореолы, содержащие как механическую, так и солевую составляющие. Такие ореолы принято называть литохимическими. Установлена общая закономерность распределения элементов-индикаторов оруденения по гранулометрическим фракциям. Большинство этих элементов концентрируется в мелких фракциях. Повышенные концентрации компонентов в крупных фракциях наблюдаются лишь близ залежей полезных ископаемых.

На изучении описываемых ореолов основан литохимический метод поисков месторождений полезных ископаемых.

Водные (гидрохимические) ореолы рассеяния образуются за счет растворения и выноса химических элементов и их соединений из тел полезных ископаемых подземными и поверхностными водами (рис. 3.23). Основными факторами их формирования являются: 1) наличие растворимых минералов в залежах полезных ископаемых; 2) интенсивность водной миграции; 3) благоприятные литолого-структурные обстановки, обеспечивающие доступ подземных вод к рудным телам; 4) инертность вмещающих пород, препятствующая возникновению геохимических барьеров.

Содержание элементов в водных ореолах рассеяния рудных месторождений повышается на 1–2 порядка. На изучении гидрохимических ореолов рассеяния основан *гидрохимический метод поисков*. Метод широко используется при поисках месторождений: солей, сульфидных руд цветных металлов, бора, урана.



А. Аномалии, связанные со слепыми рудными телами в горном районе

Б. Аномалия, связанная с перекрытым месторождением и его погребенным ореолом в условиях расчлененного пенеплена

В. Аномалия, связанная с восходящими водами, омывающими слепые рудные тела

Г. Погребенный гидрохимический ореол в межпластовых водах

Рис. 3.23. Схемы образования гидрохимических аномалий (по В. И. Красникову, 1969)

Гидрохимические ореолы могут формироваться также в надпочвенном льду и снеге за счет ионной миграции через капилляры льда и пленочную воду, обволакивающую кристаллы снега. С глубиной концентрация элементов увеличивается. Ско-

рость аккумуляции составляет 2–3 месяца. В России и Канаде в надпочвенном льду и снеге установлены аномалии Hg, Cu, Zn, Cd, Mn, Ni, Pb. На изучении рассматриваемых ореолов основана *снеговая съёмка*, используемая при геолого-экологических и экологических исследованиях.

Газовые (атмохимические) ореолы рассеяния образуются за счет обогащения почвенного и приповерхностного воздуха паро- и газообразными соединениями, связанными с полезными ископаемыми. На изучении газовых ореолов рассеяния основан *атмохимический метод поисков*.

Газовые ореолы создают залежи, сложенные компонентами, способными создавать газовые эманации. По особенностям формирования они подразделяются на три группы:

1. Ореолы (CH_4 , O_2 , SO_2 , Hg, He, тяжёлые углеводороды и др.) над залежами нефти и газа (рис. 3.24).

2. Ореолы (H_2S , CO_2 , SO_2 , Hg и др.) над сульфидными месторождениями Pb, Zn, Cu, Hg, Sb и др.

3. Ореолы (Rn, He, Ar и др.), обусловленные распадом радиоактивных элементов в месторождениях U и Ra.

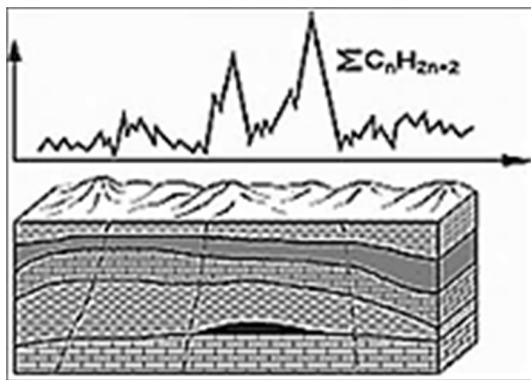


Рис. 3.24. Схема формирования ореола углеводородов над нефтяным месторождением

Биогеохимические ореолы рассеяния образуются вследствие увеличения концентрации элементов-индикаторов в растениях, произрастающих над залежами полезных ископаемых. На их изучении основан *биогеохимический метод поисков*.

Концентрация элементов растениями характеризуется следующими особенностями:

1. Над месторождениями все растения имеют повышенную концентрацию элементов-индикаторов.

2. Некоторые виды растений могут селективно концентрировать отдельные элементы (рис. 3.25).

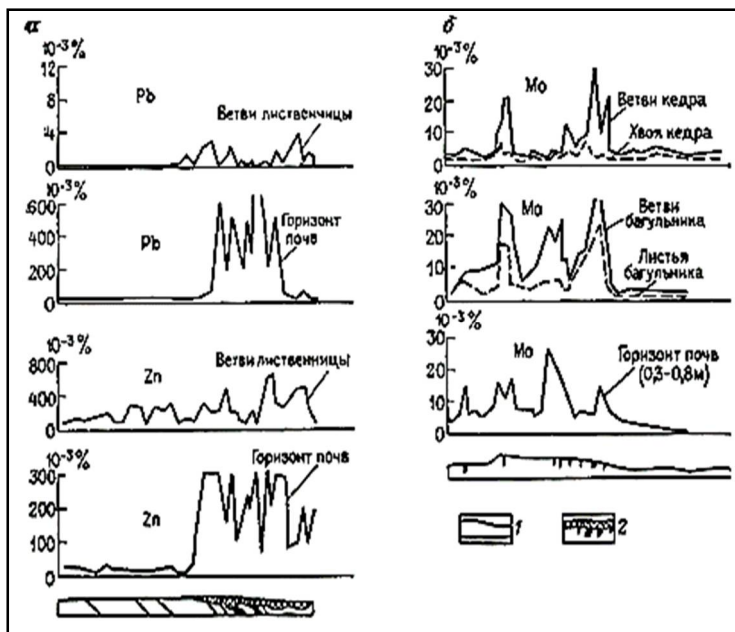


Рис. 3.25. Биохимические и литохимические ореолы рассеяния на Озерном полиметаллическом (а) и Булуктаевском молибден-вольфрамовом месторождениях (по А. Л. Ковалевскому, 1984):

1 – вмещающие породы; 2 – рудные тела (черное) и железная шляпа

3. Отдельные органы растений могут избирательно концентрировать элементы-индикаторы.

Концентрация элементов-индикаторов зависит:

- от глубины распространения корневой системы (рис. 3.26),
- возраста растения,
- сезонной миграции вод по органам растений.

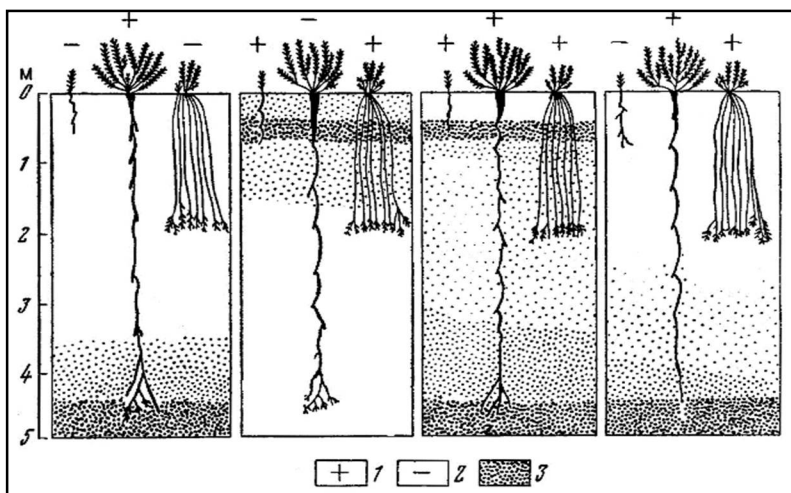


Рис. 3.26. Схема зависимости содержания бора в растениях от глубины проникновения корневой системы и распределения бора в породах (по А. М. Швыряевой, 1957):

1 – повышенные содержания бора в растениях; 2 – кларковые содержания бора в растениях; 3 – горизонты, обогащенные бором

Некоторые геофизические аномалии. Геофизические аномалии являются весьма важными поисковыми признаками, тем не менее, далеко не всегда однозначно указывают на наличие в недрах полезных ископаемых. Это обусловлено множественностью факторов, влияющих на появление геофизических аномалий. Вследствие неоднозначности их интерпретации к прямым поисковым признакам принято относить лишь интенсивные и имеющие относительно большие размеры магнитометрические и радиоактивные аномалии. Первые обычно фиксируют наличие магнетитового оруденения, а вторые – присутствие в недрах руд радиоактивных элементов.

Большинство других геофизических аномалий интерпретируется неоднозначно и по этой причине их принято относить ко вторичным поисковым признакам.

Следы старых разработок, исторические (архивные) данные о горном промысле. На наличие полезных ископаемых в недрах указывают и следы их разработки и переработки, а

также следы разведки: старые горные выработки (шурфы, шахты, карьеры, штольни, отвалы), содержащие рудную минерализацию, отвалы шлака, развалины доменных печей и т.п. Отвалы старых шахт и карьеров могут содержать полезные ископаемые, которые по количеству и качеству удовлетворяют современным требованиям к месторождениям полезных ископаемых. Это так называемые техногенные месторождения. При анализе такого рода информации обязательно следует использовать исторические данные о горном промысле, архивные материалы разнообразных экспедиций, фондовые материалы о геологоразведочных работах – старые проекты, отчеты, включая содержащуюся в них первичную документацию и т. п.

Косвенные поисковые признаки

Как отмечалось выше, косвенные поисковые признаки лишь опосредованно свидетельствуют о возможности обнаружения полезных ископаемых в определенных участках недр. В этом смысле они являются менее достоверными по сравнению с прямыми признаками. Однако их использование, учитывая их достаточно большое разнообразие, при комплексном анализе совместно с прямыми поисковыми признаками позволяет более надежно прогнозировать месторождения полезных ископаемых.

Косвенные поисковые признаки подразделяют на следующие шесть типов: 1) измененные околорудные породы, 2) минералы, сопутствующие оруденению (минералы-спутники), 3) различие физических свойств полезного ископаемого и вмещающих пород (геофизические признаки), 4) геоморфологические, 5) гидрогеологические, 6) ботанические.

Измененные околорудные породы. Очень большое количество залежей полезных ископаемых сопровождается горными породами, претерпевшими метасоматические изменения. Весьма важной для целей прогнозирования является установленная закономерность, заключающаяся в том, что в пределах отдельных генетических типов месторождений (включая геолого-промышленные типы) эти изменения являются достаточно устойчивыми и типичными. Рассматриваемый вопрос более глубоко изучается в дисциплине «Геология месторождений по-

лезных ископаемых». Приведенные ниже типы околорудных изменений следует рассматривать лишь как примеры.

Околорудные изменения горных пород происходят на разных стадиях образования месторождений. Их принято подразделять на *гипогенные* и *гипергенные*.

Гипогенные околорудные изменения характеризуются большим разнообразием. К ним, в частности, относятся: грейзенизация, скарнирование, вторичное окварцевание, локальная серицитизация, локальная хлоритизация, березитизация, листовенитизация, серпентинизация, гидротермальная доломитизация, метасоматическая аргиллизация и др.

Грейзенизация. Грейзены представляют собой кварц-мусковитовые метасоматиты, образующиеся в апикальных частях гранитных массивов и над ними – в породах кровли. Они обычно сопровождают месторождения W, Sn, Mo, Be, Li, Ta.

Скарнирование. Скарны являются продуктами так называемого контактового метасоматоза, обусловленного обменными реакциями между компонентами экзоконтактовых вмещающих пород, содержащих пласты карбонатных пород, и компонентами, присутствующими в эндоконтактовых зонах гранитоидных массивов. Наиболее типичными минералами скарнов являются гранаты, пироксены, эпидот, скаполит и др. В нашей стране и за рубежом известно достаточно большое количество скарновых месторождений Fe, Pb, Zn, Cu, Mo, W, Sn, Be, Au, Co, As, V.

Окварцевание – весьма распространенное явление, характерное для высоко- и среднетемпературных гидротермальных месторождений. Вторичные кварциты в кислых эффузивах обычно сопровождают залежи алунитов, каолинитов, корунда; в породах среднего состава – рудные тела месторождений медных, полиметаллических, золото-серебряных месторождений; в окварцованных карбонатных породах (джаспероидах) – залежи полиметаллических и сурьмяно-ртутных руд.

Локальные серицитизация и хлоритизация обычно сопровождают рудные тела медно-колчеданных, колчеданно-полиметаллических месторождений, колчеданных месторождений золота, мышьяка, касситерита.

Березитизация. Березиты представляют собой кварц-серицит-карбонат-пиритовые метасоматиты. Они окружают за-

лежи золоторудных, свинцово-цинковых, молибденовых, урановых месторождений, месторождений горного хрусталя, образовавшихся по породам кислого и среднего состава.

Лиственитизация (лиственит – низкотемпературный кварц-карбонат-тальк-хлорит-серицит-фуксит-пиритовый метасоматит) по породам основного и ультраосновного состава характерна для месторождений золота, полиметаллов, молибдена, урана, талька, горного хрусталя и др.

Серпентинизация. Серпентиниты практически всегда сопровождают залежи хризотил-асбеста, образовавшиеся внутри массивов ультраосновных пород.

Доломитизация. Низкотемпературная гидротермальная доломитизация является весьма характерной для свинцово-цинковых, сидеритовых и баритовых месторождений так называемого стратиформного типа.

Аргиллизация (аргиллизит – низкотемпературный монтмориллонит-гидрослюдисто-каолининовый метасоматит) часто сопровождает рудные тела низкотемпературных месторождений золота, серебра, урана, вольфрама, бериллия, а также залежи флюорита, горного хрусталя и др.

Гипергенные изменения связаны с поздними стадиями становления месторождений. Они происходят в приповерхностных зонах месторождений и обусловлены процессами выветривания. Отметим лишь некоторые из них.

Обохранение, осветление полезных ископаемых и вмещающих пород характерно для месторождений, сложенных сульфидными рудами. По этим рудам часто образуются так называемые «железные шляпы», сложенные гетитом, гидрогетитом, гематитом, халцедоном, опалом, малахитом и другими минералами. «Железные шляпы» могут иметь промышленное значение. Они часто содержат промышленные скопления железа, золота, малахита и др.

Минералы, сопутствующие оруденению (минералы-спутники). Данный поисковый признак основан на использовании парагенетических ассоциаций минералов для целей прогнозирования месторождений. В пределах рудноформационных типов эти ассоциации достаточно устойчивы. Поэтому, обнаружив один минерал, можно прогнозировать обнаружение и дру-

гих минералов, входящих в состав ассоциации. Часто минеральные ассоциации имеют зональное строение. Как и околорудные измененные породы парагенетические ассоциации могут быть гипогенными и гипергенными. Ниже приведены *примеры гипогенных парагенетических ассоциаций минералов*, характерных для некоторых рудноформационных типов месторождений.

Медно-никелевые месторождения: пирротин, пентландит, халькопирит, миллерит, пирит, борнит, магнетит, платиноиды, золото и др.

Скарновые железорудные месторождения: магнетит, пирит, халькопирит, андрадит-гроссуляр, диопсид-геденбергит, эпидот, актинолит, полевые шпаты, скаполит, волластонит и др.

Штокверковые вольфрамовые месторождения: вольфрамит, молибденит, касситерит, висмутин, галенит, сфалерит, кварц, мусковит, флюорит и др.

Стратиформные месторождения медистых песчаников: халькопирит, борнит, халькозин, галенит, сфалерит, кварц, кальцит, барит и др.

Жильные свинцово-цинковые месторождения: галенит, сфалерит, халькопирит, пирит, арсенопирит, кварц, кальцит, флюорит, барит и др.

Колчеданно-полиметаллические месторождения: сфалерит, галенит, халькопирит, пирит, марказит, кварц, барит, клинохлор, серицит и др.

Примеры гипергенных ассоциаций:

Зоны окисления сульфидных гидротермальных и колчеданных месторождений: гетит, гидрогетит, смитсонит, церуссит, халькозин, малахит, азурит и др.

Россыпи алмазов: алмаз, пироп, пикроильменит, хромдиопсид, оливин и др.

Россыпи золота: самородное золото, магнетит, циркон, касситерит, ильменит, гранаты, самородная платина и др.

Различие физических свойств полезных ископаемых и вмещающих пород (геофизические аномалии). Выявленные при геологических исследованиях геофизические аномалии указывают на неоднородности физических полей, являющиеся следствием неоднородностей геологического строения. Причи-

ны этих неоднородностей могут быть весьма разнообразными. Это – морфоструктурные и морфометрические особенности геологических структур, физико-механические свойства, химический, минеральный, литолого-петрографический состав тел полезных ископаемых и вмещающих пород и т.п.

Как отмечалось выше, лишь некоторые аномалии, в частности магнитные и радиоактивные большого размера и интенсивности, интерпретируются более или менее однозначно и рассматриваются как прямые поисковые признаки. Большинство же геофизических аномалий имеет многовариантную интерпретацию и по этой причине относятся к косвенным поисковым признакам.

Геоморфологические поисковые признаки основаны на связи залежей полезных ископаемых и их околорудных изменений с микроформами рельефа. Наиболее отчетливо эта связь проявляется на участках «зрелого» рельефа. Залежи, сложенные устойчивыми к выветриванию породами, образуют положительные формы рельефа (гривы кварцевых жил, пегматитов, вторичных кварцитов). Залежи, сложенные легко выветривающимися и растворимыми полезными ископаемыми (гипс, ангидрит, соли, сульфидные руды), образуют отрицательные формы рельефа: депрессии, впадины, карстовые воронки и т.п. К депрессиям в рельефе приурочены месторождения торфа, мезокайнозойских углей. Геоморфологические признаки лежат в основе поисков месторождений россыпей всех типов.

Гидрогеологические поисковые признаки. Важнейшей задачей гидрогеологических исследований является выявление в недрах водоносных и водоупорных свит, горизонтов, комплексов. Особенностью эндогенного оруденения является то, что оно обычно локализуется в горных породах, обладающих повышенной пористостью и проницаемостью. Таковыми и являются водоносные толщи. Кроме того, они служат путями миграции рудоносных флюидов. Водонепроницаемые горные породы также играют не последнюю роль в процессе рудообразования. Благодаря им происходит экранирование рудоносных

флюидов, что способствует их локализации и формированию залежей полезных ископаемых.

Ботанические поисковые признаки. Высокая концентрация элементов в почвах, расположенных над залежами полезных ископаемых, может привести к появлению растений-индикаторов оруденения или к изменению внешнего вида растений. В частности, широко известным фактом является то, что в южной Сибири над залежами цинковых руд произрастает галмейная флора: галмейная фиалка (*Viola calaminaria*) и галмейная ярутка (*Thlaspi calaminarium*). Индикатором меди на Рудном Алтае и в Туве является кочим (*Gypsophila patrinii*).

Другой особенностью растений, произрастающих над залежами полезных ископаемых, является появление у них необычных так называемых *тератологических признаков*:

- изменение внешнего вида («гигантизм», уродливость, необычные окраска и форма цветов и листьев);
- отклонения в режиме развития (раннее или позднее цветение, опадание листьев и т.п.);
- угнетенный вид растений или их отсутствие.

При анализе ботанических признаков следует учитывать как широтную, так и вертикальную климатическую зональность, т.к. она вызывает изменение видового состава растительности и ее внешнего вида. Однако эти изменения никакого отношения к размещению полезных ископаемых не имеют.

3.3. Прогнозно-поисковые модели месторождений

При обобщении материалов по прогнозированию месторождений обязательно следует сравнить выявленные в процессе поисковых работ критерии прогнозирования с установленными для данного геолого-промышленного типа месторождений особенностями строения на других территориях. Эту информацию, представленную в виде прогнозно-поисковых моделей, можно найти в научных публикациях и методических руководствах.

Прогнозно-поисковая модель – это обобщенный вербальный, графический или иной образ (эталон) месторождений конкретного геолого-промышленного типа.

Модель дает ответы на вопросы: как выглядит скопление полезного ископаемого, в какой геологической обстановке и по каким признакам оно может быть обнаружено и оценено. На каждой стадии ГРП выявляется определенный комплекс признаков, производится сравнение их с эталоном, оценивается надежность построений, корректировка самой модели. Основными элементами прогнозно-поисковых моделей являются следующие:

1) ассоциации горных пород, рудоносные геологические формации, их тектоническое положение и условия формирования; эти факторы определяют условия нахождения объекта;

2) прямые признаки, указывающие на наличие полезного ископаемого;

3) косвенные индикаторы оруденения, выявляемые минералогическими, геохимическими, геофизическими и другими методами;

4) изменение оруденения после завершения главного этапа рудоотложения: признаки скрытого оруденения, перекрывающие породы, уровень эрозионного среза, пострудные дислокации и регенерации рудных тел и т.п.

Прогнозно-поисковые модели изображаются в графической и/или табличной форме и сопровождаются пояснительным текстом. Примеры прогнозно-поисковых моделей приведены на рис. 3.27 и в табл. 3.4.

Сравнительный анализ исследуемых объектов с эталонными дает возможность более надежно прогнозировать месторождения и, кроме того, уточнять саму модель на основе вновь полученной информации.

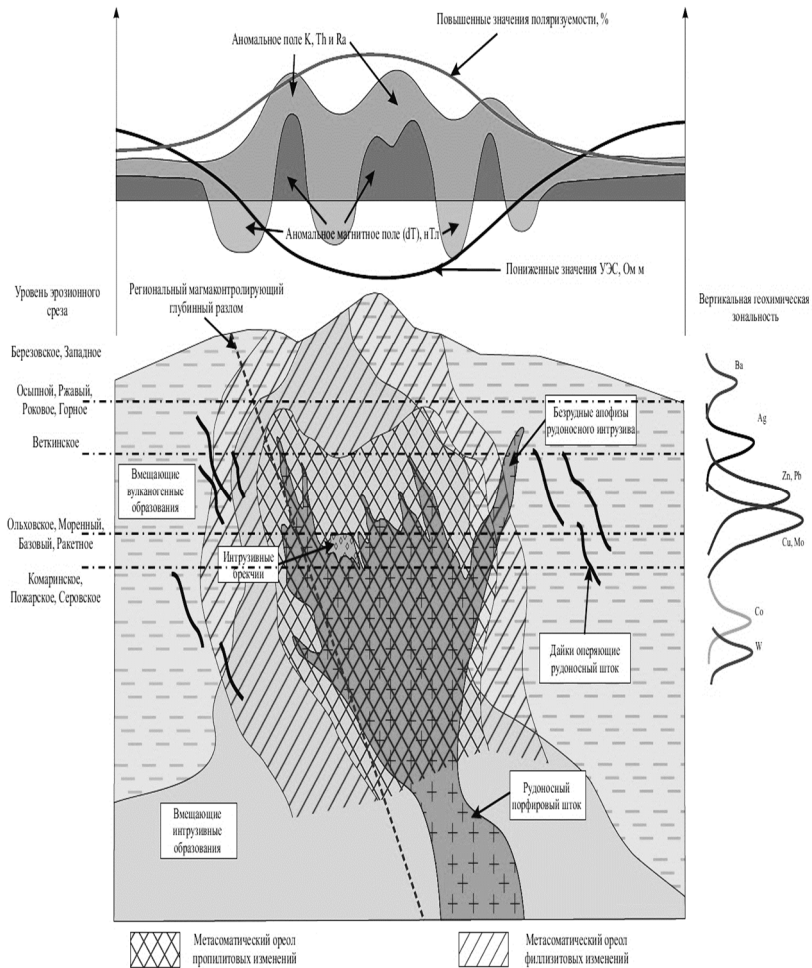


Рис. 3.27. Прогнозно-поисковая модель медно-порфировых объектов Чукотского АО (по И. С. Сабельникову, с упрощениями)

Таблица 3.4

Модель медно-порфировых объектов Чукотского АО
(по И. С. Сабельникову, с упрощениями)

Элементы-признаки	Критерии прогнозирования медно-порфирового оруденения
1	2
1. Структурно-тектонические	Размещение в пределах Охотско-Чукотского вулканического пояса
	Приуроченность рудоносных магматических структур к Анадырскому глубинному разлому и оперяющим его разрывам
	Интрузивно-купольные и вулканические структуры, контролирующие размещение рудных полей
2. Формационные	Диорит-кварцмонзонит-гранитовая формация ОЧВП, представленная кавральянским интрузивным комплексом
	Габбро-диорит-тоналит-плагиогранитовая формация, связанная с этапом тектоно-магматической активизации ОЧВП, представленная палеогеновым интрузивным комплексом
	Габбро-тоналит-плагиогранитовая вулканоплутоническая формация позднеюрско-раннемеловой Кони-Танюерской островной дуги, представленная интрузивными образованиями раннемелового мургальского интрузивного комплекса
	Габбро-монзонит-диоритовая формация ОЧВП, представленная эkitыкинским интрузивным комплексом
3. Магматические	1. Рудоносные штоки, сложенные порфировидными породами кислого и среднего состава заключительных фаз внедрения рудоносных интрузивных комплексов. 2. Тела брекчированных пород апикальных частей рудоносных штоков
4. Метасоматические	Зонально построенный относительно рудоносного штока гидротермально-метасоматический ореол, представленный от центра к периферии пропилитовым и филлизитовым типами. Промышленно значимая медно-порфировая минерализация развита в пропилитовой и филлизитовой зонах
	Эпидот-хлорит-полевошпат-кварцевые метасоматиты с серицитом и биотитом штокверкового типа, с халькопирит-пирит-магнетитовой минерализацией
5. Морфология оруденелых зон	Штокверки пропилитовых и филлизитовых метасоматитов, содержащие прожилково-вкрапленные руды

1	2
6. Минеральный состав руд	<p>1. Первичные минералы: халькопирит, пирит, магнетит, молибденит, арсенопирит, теннантит, галенит, сфалерит, пирротин, самородное золото.</p> <p>2. Вторичные минералы: лимонит, малахит, азурит, борнит, халькозин, ковеллин</p>
7. Геохимические	<p>1. Комплексные высококонтрастные зональные аномалии Cu, Mo, Pb, Zn, Au, Ag.</p> <p>2. Латеральная зональность в рудных полях, имеющих эрозионный срез, близкий к рудному, аномалии Cu и Mo преобладают в центральных частях, а аномалии Pb, Zn, Ag, Au – в периферических.</p> <p>3. Вертикальный ряд зональности имеет следующую последовательность: Ba, Pb, Zn, Ag (надрудный ореол), Cu, Mo (околорудный ореол), Co, W (подрудный ореол)</p>
8. Геофизические	<p>1. Отрицательные аномалии магнитного поля, фиксирующие зоны развития метасоматически измененных пород.</p> <p>2. Положительные аномалии ВП, отрицательные аномалии кажущегося и удельного электрического сопротивления пород, содержащих рудную минерализацию.</p> <p>3. Положительные радиоактивные аномалии ^{40}K, Th и Ra над выходами интрузивных пород кислого состава, подвергнутых гидротермально-метасоматическим изменениям</p>

4. МЕТОДЫ ПОИСКОВ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

В практике геологоразведочных работ используется несколько десятков поисковых методов и их разновидностей. На конкретных же площадях используется лишь только часть из них. Это обусловлено геологическим строением территории поисков, видом полезного ископаемого и целым рядом других особенностей. Применяются лишь методы, применение которых эффективно в конкретных условиях. Ниже приведена общая группировка методов поисков месторождений.

Группировка методов поисков месторождений

А. Наземные методы

1. Геологическая съемка

2. Поиски, основанные на изучении ореолов и потоков механического рассеяния

2.1. Обломочно-речной

2.2. Валунно-ледниковый

2.3. Шлиховой

3. Геохимические

3.1. Литохимический по первичным ореолам рассеяния

3.2. Литохимический по вторичным ореолам и потокам
рассеяния

3.3. Гидрохимический

3.4. Атмохимический

3.5. Биогеохимический

4. Геофизические

5. Экзотические

Б. Дистанционные методы

В. Подводные методы

Значимость каждого из перечисленных методов далеко неоднозначна. Это обусловлено как их разрешающей способностью, эффективностью, так и стоимостью. В частности, такие группы методов, как дистанционные и подводные, для поисков твердых полезных ископаемых применяются пока в ограниченных масштабах. Это связано с тем, что локальное прогнозирование с их помощью отличается большой сложностью, интерпретация получаемых данных отличается многовариантностью. Со-

здание сети наблюдений, необходимой для локального прогнозирования, отличается высокой стоимостью.

4.1. Наземные методы поисков

4.1.1. Геологическая съемка как важнейший метод поисков

Геологическая съемка является важнейшим методом поисков всех видов полезных ископаемых. Основным результатом геологосъемочных работ является геологическая карта, представляющая собой плоскую графическую модель геологического строения территории. В процессе геологосъемочных работ проводится широкий спектр геологических исследований: изучение стратиграфии, тектоники, магматизма, метаморфизма, геоморфологии, четвертичной геологии, гидрогеологии, инженерной геологии, геоэкологии, полезных ископаемых и закономерностей их размещения и др. В комплект обязательных геологических карт при геологосъемочных работах масштаба 1:200000 в качестве обязательных входят: геологическая карта дочетвертичных образований, карта четвертичных отложений, карта полезных ископаемых и закономерностей их размещения; в районах двух- и трехъярусного строения – геологическая карта погребенной поверхности. В процессе геологосъемочных работ проводятся геологические исследования, направленные не только на составление геологической карты, но и на площадное опоскование территории исследования. Это позволяет установить:

- поисковые предпосылки и признаки;
- закономерности размещения полезных ископаемых;
- степень перспективности территории на обнаружение полезных ископаемых;
- участки для постановки поисковых работ другими методами.

Материалы геологической съемки дают возможность объективно интерпретировать результаты поисков другими методами и давать геологическую оценку перспектив выявленных объектов.

Поисковые работы проводятся в различных масштабах. Особенностью поисковых работ, проводимых на стадии «Региональное изучение недр и прогнозирование полезных ископае-

мых», является то, что при среднемасштабной (1:200000–1:100000) и крупномасштабной (1:50000–1:25000) геологических съемках они подчинены целям геологосъемочных работ и выполняются в составе единого проекта. Напротив, геологосъемочные работы более крупных масштабов (1:10000, 1:5000) обычно ведутся в составе стадии «Поисковые работы», являясь лишь частью обширного комплекса геологических исследований.

Важной характеристикой геологических карт является *кондиционность* – соответствие их содержания масштабу, что в значительной степени зависит от количества точек наблюдения, приходящихся на единицу площади. Очевидно, что чем крупнее масштаб карты и сложнее геологическое строение территории, тем большее количество точек наблюдения требуется на единицу площади. Количество точек наблюдения на единицу площади должно соответствовать значениям, приведенным в методических рекомендациях по проведению геологосъемочных работ соответствующих масштабов.

При региональных геологосъемочных работах проводятся специальные поисковые маршруты с пересечением и прослеживанием минерализованных зон, изучением их геологоструктурных условий, вещественного состава и опробованием. В зависимости от конкретных условий могут проводиться специальные геологические съемки по изучению тектоники, стратиграфии, магматизма, метаморфизма, геоморфологии, вещественного состава залежей полезных ископаемых и рудовмещающих пород.

4.1.2. Поиски, основанные на изучении ореолов и потоков механического рассеяния

Обломочно-речной метод поисков

Обломочно-речной метод поисков является одним из наиболее древних. Его сущность заключается в выявлении и последовательном прослеживании устойчивых к выветриванию рудных обломков и сопровождающих их метасоматитов от места их первой находки в аллювиальных отложениях до коренного источника.

Работы ведутся путем проведения специальных поисковых маршрутов, проходимых по долинам рек. При исчезновении признаков рудной минерализации в аллювии исследования переносятся на склоны и водораздельные участки. В процессе прохождения маршрутов ведется геологическая документация. Находки рудных обломков и сопровождающих метасоматитов фиксируются на карте. В полевых книжках ведется их описание с указанием размера, окатанности обломков, их количества. На близость коренного источника указывает увеличение количества рудных обломков, уменьшение степени их окатанности, появление обломков неустойчивых минералов и последующее достаточно резкое исчезновение указанных признаков.

Дальнейшие исследования ведутся путем изучения пролювиальных, делювиальных и элювиальных отложений. При изучении склоновых отложений следует учитывать особенности формирования ореолов рассеяния, которые зависят от характера рельефа и пространственной ориентировки залежи полезного ископаемого (см. рис. 3.21).

На основе детального обследования склоновых отложений осуществляется картирование ореола механического рассеяния. При картировании ореолов рассеяния обязательно должны использоваться результаты геологосъемочных работ, проведенных на площади опоскования. В «голове» ореола или несколько выше по склону, там, где ожидается обнаружение залежи полезного ископаемого, производится вскрытие горных пород канавами или неглубокими шурфами. Выработки документируются и опробуются. На участке детализации могут быть применены и другие методы поисков. На основе полученных материалов дается геолого-экономическая оценка выявленного объекта и принимается решение о целесообразности продолжения исследований.

Валунно-ледниковый метод поисков

Валунно-ледниковый метод поисков основан на изучении ореолов механического рассеяния в ледниковых отложениях. В процессе своего движения ледник вспахивает и перемещает обломочный материал вместе с обломками полезных ископаемых, образуя ореол.

Основанием для проведения работ являются находки рудных валунов в ледниковых отложениях. Направление движения ледника устанавливается по ориентировке ледниковых штрмов, «бараньих лбов», озов, друмлинов и т.п. Далее осуществляется проходка поисковых маршрутов, которые ориентируются поперек движения ледника. Пункты обнаружения рудных обломков фиксируются на карте, а в полевой книжке дается литолого-петрографическое описание рудных обломков и их спутников.

Оконтуривание ореола рассеяния ведется по крайним рудным обломкам. С учетом формы ореола и геологических особенностей территории производится вскрытие горными выработками и скважинами рудного тела, которое предполагается обнаружить в «голове» ореола (рис. 4.1). Выработки документируются и опробуются. При необходимости на участке детализации могут быть применены и другие методы поисков (геохимические, геофизические).

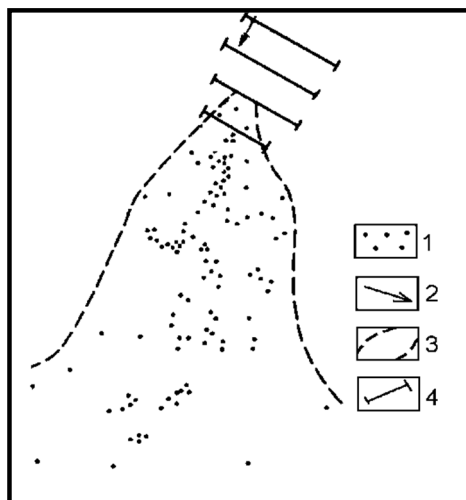


Рис.4.1. Валунно-ледниковый ореол рассеяния
(по В. В. Аристову, 1975):

1 – ледниковые валуны с рудными включениями; 2 – направление ледниковых штрмов; 3 – контур ореола рассеяния рудных валунов; 4 – проектируемые поисковые линии

На основе комплексной интерпретации дается геолого-экономическая оценка выявленного объекта и принимается решение о направлении (прекращении) дальнейших исследований.

Очевидно, что валунно-ледниковый метод поисков имеет ограниченные возможности применения, поскольку может использоваться только на площадях развития ледниковых отложений. В практике геологоразведочных работ известны факты обнаружения месторождений валунно-ледниковым методом в скандинавских странах (Финляндия, Норвегия), а также на территории России (Карелия, Кольский полуостров).

Шлиховой метод поисков

Шлиховой метод поисков основан на изучении ореолов рассеяния рудных обломков алеврито-песчаного (от долей миллиметров до первых миллиметров) размера, имеющих повышенную плотность. Шлих – это концентрат тяжелых минералов. К тяжелым (тяжелая фракция) относятся минералы, имеющие плотность более $2,89 \text{ г/см}^3$. Эту плотность имеет трибромметан (бромформ), используемый для разделения минеральных обломков на тяжелую и легкую фракции. Минералы, имеющие плотность больше плотности бромформа, относятся к тяжелой фракции, меньше плотности бромформа – к легкой.

Шлиховой метод применяется при поисках россыпных месторождений, залежи которых сложены тяжелыми минералами, устойчивыми (малорастворимыми и механически прочными) в водной среде. В частности, метод широко используется при поисках россыпных месторождений золота, платиноидов, олова, вольфрама, титана, циркония, тантала, ниобия, редкоземельных элементов, алмазов, ювелирных и ювелирно-поделочных камней и некоторых других полезных ископаемых.

Метод обогащения проб, применяемый для получения шлихов, используется также и при поисках коренных месторождений (исследование протолочек коренных пород и руд), при изучении проб россыпных месторождений на стадии разведки, при шлихо-геохимических исследованиях (разновидность шлихового метода).

Основные операции шлихового метода поисков сводятся к следующему:

- выбор сети опробования;
- выбор места отбора проб;
- отбор проб;
- обогащение (промывка) проб для получения шлиха;
- полевая документация опробования;
- анализ шлихов;
- обобщение результатов опробования;
- интерпретация результатов шлихового опробования и геолого-экономическая оценка выявленных объектов.

Плотность (густота) сети шлихового опробования определяется масштабом поисковых работ. При поисках, проводимых в процессе средне- и крупномасштабного геологического картирования, отбор шлиховых проб ведется в основном из аллювиальных отложений. При более детальных исследованиях, помимо опробования аллювия, отбор проб осуществляется из пролювиальных, делювиальных и элювиальных отложений. При опробовании элювиально-делювиальных отложений пробы размещаются по профилям. Рекомендуемая плотность шлихового опробования приведена в табл. 4.1.

Таблица 4.1

Густота сети отбора шлиховых проб

Масштаб поисков	Расстояние между пробами, м	Количество проб на 1 км ²
1:200000	1000–2000	0,06–0,24
1:100000	500–1000	0,25–1,0
1:50000	200–500	1–5
1:25000	100–200	25–100
1:10000	50–100	120–250
1:5000	25–50	250–500
1:2000	10–25	500 и более

Выбор пунктов отбора проб определяется: 1) целевым назначением работ, 2) масштабом поисков, 3) геоморфологическими особенностями территории, 4) ожидаемой концентрацией ценных минералов, 5) закономерностями размещения концентраций минералов по вертикали и латерали.

При поисках минералов, не создающих высокие концентрации, на первых этапах важно установить сам факт их присутствия в рыхлых отложениях. Поэтому отбор проб для их обнаружения осуществляют из частей, наиболее обогащенных ими. Таковыми являются участки замедления течения реки, завихрения потока, расширения русла; участки, расположенные за выступами крутых берегов, ниже крутых поворотов, порогов, перекатов, в головах кос, а также участки резкой смены продольного профиля русла реки и т.п. (рис. 4.2). Эти участки характеризуются изменением динамики водных потоков, что и обеспечивает осаждение тяжелых минералов. Следует иметь в виду, что наиболее высокие концентрации тяжелых минералов наблюдаются в нижних приплотиковых частях рыхлых отложений. Поэтому при поисках эти части рыхлых отложений по возможности должны быть опробованы.

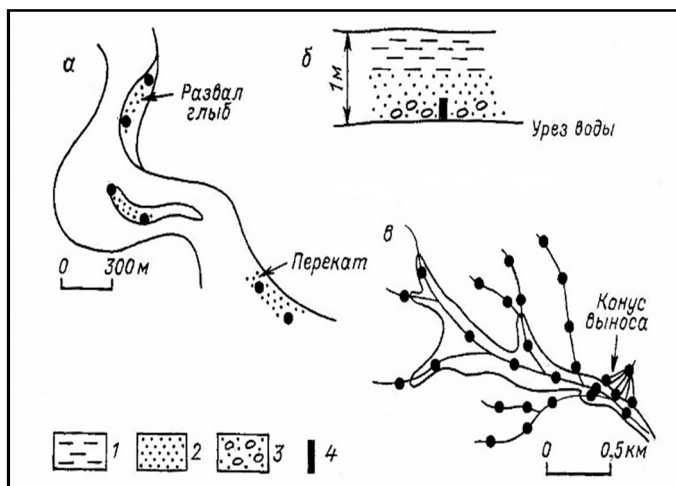


Рис. 4.2. Схема отбора проб по молодой гидросети
(Полевая геология, 1989):

- а, б – места отбора русловых проб;
в – места отбора проб по гидросети. 1 – глины;
2 – пески; 3 – пески с галькой; 4 – место отбора пробы

Пробы обязательно должны быть отобраны выше и ниже впадения притоков.

Для *отбора проб* проходятся легкие горные выработки: закопушки, канавы, шурфы. Применяются также колонковые скважины и скважины ударно-канатного бурения.

Отбор проб в горных выработках производится валовым или бороздовым способом. Скважины опробуются секционно: по керну или путем желонирования.

При валовом способе весь материал проходки выработки направляется в пробу. Для изучения распределения минералов в вертикальном разрезе (окопирования залежи при оценочных и разведочных работах) применяется секционное опробование шурфов «двадцатками» – длина секций принимается постоянной, равной 20 см.

Бороздовый способ применяется при опробовании обнажений и горных выработок. Борозда имеет форму четырехгранной призмы с поперечным сечением: ширина 15x20 см, глубина до 10 см. Длина проб 1–2 м. Борозды ориентируются перпендикулярно слоистости.

Отбор проб осуществляется с помощью лопаты или специального скребка («гребка»). Стандартный объем проб 20 л (30–32 кг). Их объем определяется с помощью мерного ящика (ендовки), имеющего мерную риску.

Отобранные пробы подвергаются *промывке* с целью получения концентрата тяжелых минералов – шлихов. Промывка проб в лотках (рис. 4.3; 4.4) проводится как в открытых водоемах (реках, озерах, старицах) в летнее время, так и в зумпфах (в основном в зимнее время) в специально оборудованных передвижных домиках-промывалках. *Зумпф* – это емкость для воды, изготовленная из листового железа. Размеры зумпфов могут быть различными, но наиболее часто используются зумпфы, имеющие следующие размеры: длина 1500 мм, ширина 1000 мм, высота 250–300 мм. Зумпф устанавливается на металлической подставке таким образом, чтобы под ним можно было развести костер или поставить печку.

Промывка проб состоит из трех последовательных операций: пробуртка, отмывка песчаной фракции и доводка шлиха.

Пробуртка проб осуществляется с целью удаления глинистой фракции. Для этого проба засыпается в лоток, который погружается в воду, и замачивается. Затем с помощью скребка

материал осторожно перемешивается. При этом легкие глинистые частицы взмучиваются и уносятся потоком воды, а более крупные и тяжелые остаются в лотке. Параллельно вручную удаляется галечный и щебнистый материал. Этот материал спласкивается над лотком водой, просматривается на предмет выявления рудной минерализации и после этого выбрасывается в отвал. Отмучивание глинистой фракции проводится до тех пор, пока в лотке будет находиться только однородная песчаная фракция и при ее перемешивании вода будет оставаться чистой и прозрачной. Для пробуртки проб используются и другие приспособления: шейкеры, щелевые грохоты и т. п.

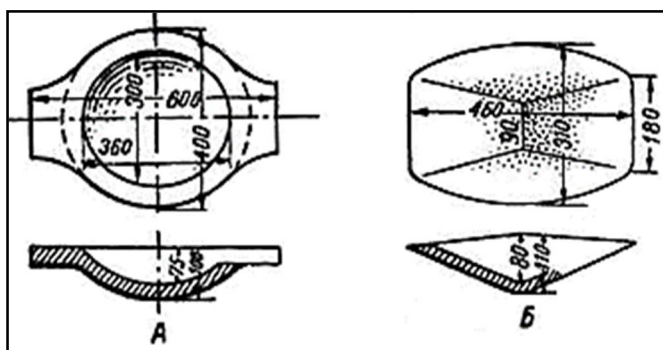


Рис. 4.3. Лотки, применяемые при шлиховом опробовании:
А – сибирский, Б – корейский (см)



Рис. 4.4. Лоток старателя (диаметр 365 мм)
Производитель – компания ALLUVIAL PACIFIC (США)

Отмывка песчаной фракции выполняется при активном потряхивании лотка под водой. Его держат за край и слегка наклоняют от себя, опустив противоположный конец в воду. Лотку придают возвратно-поступательные и одновременно колебательно-вращательные движения, что заставляет воду в лотке активно перемещаться. В результате зерна отдельных минералов распределяются в воде по плотности: тяжелые минералы оседают в углублении в центре лотка, а легкие песчинки постепенно перемещаются к краю лотка и смываются водой.

Доводка шлиха проводится в доводочном зумпфе осторожно, так как при выполнении именно этой операции возможны наибольшие потери рудных минералов. Для этого промывальщики часто используют специальные более легкие доводочные лотки, позволяющие вести отмывку шлиха более осторожно. При доводке шлиха лоток погружают под воду и качательно-круговыми движениями взмучивают в нем шлик, а затем, потряхивая лоток, сгоняют к переднему краю зерна легких минералов и сливают их с водой. Повторяя эти операции несколько раз, из шлиха удаляют остаток легкой фракции.

Правильное определение конца доводки шлиха является важным моментом. Как правило, промывку шлиховых проб ведут до получения серого шлиха, так как в этом случае в шлихе будут сохранены зерна полезных минералов не очень большой плотности (например, рутил, пирохлор, лейкоксен, монацит и др). Этот момент отчетливо устанавливается, когда через края лотка начинают переплывать ярко-красные зерен граната, бурые зерна титанита (благодаря своей яркой окраске они хорошо различимы в мокром шлихе). Ни в коем случае нельзя промывать пробы до черного шлиха, так как при этом теряется основная масса зерен рудных минералов, и в шлихе сохраняются главным образом ильменит, магнетит и другие малоинтересные в поисковом отношении минералы. Промывку проб до черного шлиха можно вести только при проведении специальных поисковых работ на определенную группу тяжелых рудных минералов – золото, платину, иногда – касситерит, вольфрамит.

Серый или черный шлик из доводочного лотка споласкивается водой в металлический совок, затем высушивается на солнце или путем легкого подогрева на костре (в печке). Сухой шлик

ссыпается в бумажную капсулу, на которой карандашом наносится название партии, ручья или речки, номер линии, выработки, пробы, содержание полезного ископаемого, определенное визуально.

Для обогащения проб в настоящее время используются и более современные аппараты: винтовые шлюзы (рис. 4.5), винтовые сепараторы (рис. 4.6).



Рис. 4.5. Обогащение мелкообломочного материала на винтовом шлюзе (по Б. С. Луневу, Б. М. Осовецкому, 2009)

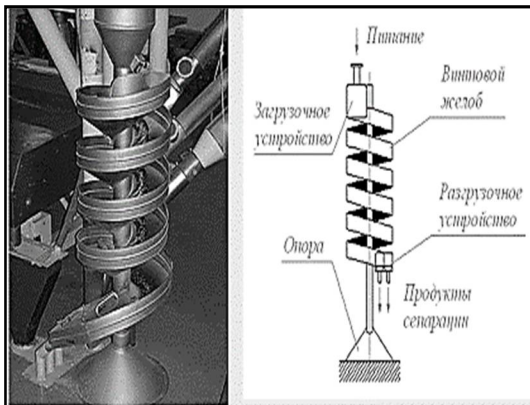


Рис. 4.6. Винтовой сепаратор: слева – общий вид, справа – схема строения (по Б. М. Осовецкому, 2009)

Анализ шлихов. Серые шлихи (концентраты шлюзов) перед изучением минерального состава подвергаются лабораторной обработке, включающей в себя различные виды фракционирования (рис. 4.7). Отбор средней (представительной) пробы производится с помощью делителя Джонса (рис. 4.8) или способом квартования (рис. 4.9).

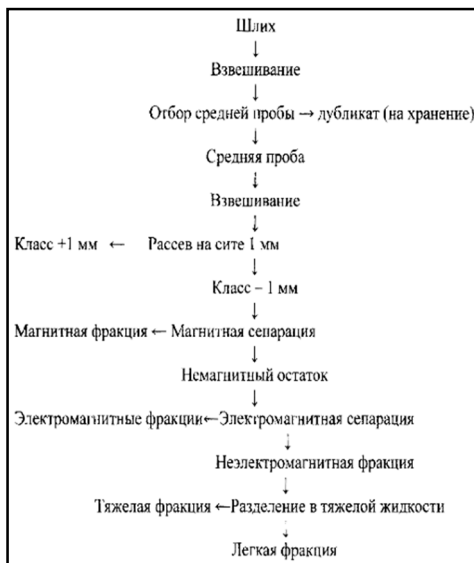


Рис. 4.7. Типовая схема лабораторной обработки «серого» шлиха

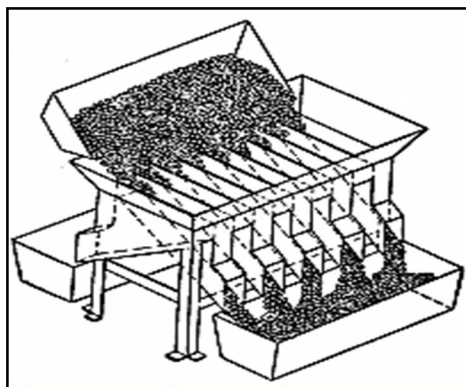


Рис. 4.8. Делитель Джонса

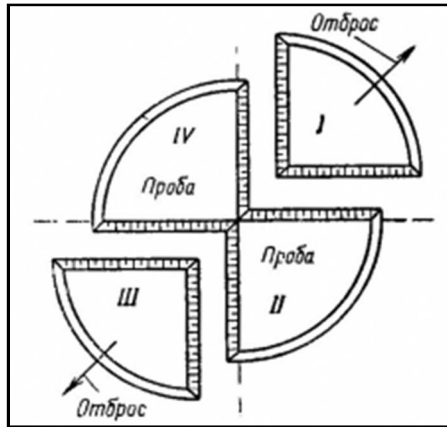


Рис. 4.9. Сокращение пробы способом квартования

Шлиховое опробование сопровождается *полевой документацией*, которая включает:

- изображение пунктов отбора проб на карте (составление карты шлихового опробования);
- геолого-геоморфологическое описание в полевой книжке места отбора пробы (геоморфологическая характеристика, возраст отложений, фация, характер долины, крупность материала, литолого-петрографический состав отложений, степень их сортировки, окатанности, глинистость, выход шлиха и его состав, присутствие полезных минералов и др.);
- заполнение журнала шлихового опробования (табл. 4.2).

Таблица 4.2

Форма журнала шлихового опробования

№ п/п	Дата отбора пробы	Привязка	Количество промывной породы, кг	Характер промывного материала	Минеральный состав шлиха (полевое определение)	Литолого-петрографический состав галек и валунов	Примечание
1	2	3	4	5	6	7	8

Магнитная сепарация осуществляется с помощью постоянных магнитов; электромагнитная сепарация – с помощью электромагнитов; разделение на легкую и тяжелую фракции – в тяжелых жидкостях (обычно в бромформе). Каждая фракция может подвергаться расसेву для последующего изучения ее granulometрии. Все фракции обязательно взвешиваются

В результате магнитной и электромагнитной сепараций представительная проба разделяется на три фракции: магнитную, электромагнитную и неэлектромагнитную. Каждая из выделенных фракций изучается самостоятельно. В табл. 4.3 приведены наиболее типичные минералы указанных фракций.

Таблица 4.3

Типичные минералы магнитной, электромагнитной и неэлектромагнитной фракций шлихов

Магнитная фракция	Электромагнитная фракция			Неэлектромагнитная фракция	
	сильно	средне	слабо	тяжелая	легкая
Магнетит	Гематит	Гиперстен	Тремолит	Циркон	Кварц
Пирротин	Ильменит	Ставролит	Энстатит	Рутил	Плагиоклазы
Ферроплатина	Альмандин	Гидрогетит	Пирролюзит	Дистен	Калиевые полевые шпаты
Самородное железо	Хромит	Эпидот	Диопсид	Лейкоксен	Мусковит
	Гетит	Актинолит	Железистый рутил	Золото	Кальцит
	Геденбергит	Эгирин	Титанит	Алмаз	Берилл
	Роговая обманка	Платиноиды	Клиноцоизит	Самородная медь	Серпентин
	Авгит	Биотит	Монацит	Силлиманит	Графит
	Фаялит		Турмалин	Андалузит	Опал
			Шпинель	Корунд	
				Топаз	
				Апатит	
				Барит	

При диагностике шлиховых минералов используется комплекс разнообразных методов: микроскопический, иммерсионный, качественных и пленочных химических реакций, люминесцентный, радиометрический, рентгеноструктурный, термический, количественный спектральный, микрозондовый и др.

Количественный анализ производится путем изучения выборки зерен (обычно 500–1000 шт.) В зависимости от задач исследования может производиться как полный анализ шлихов (диагностика всех зерен в выборке и их количественная оценка), так и неполный (определение только россыпеобразующих минералов: полезных минералов и минералов-спутников).

На основе пересчетов с учетом массы исходной пробы определяется содержание минерала в граммах (миллиграммах, каратах) на кубический метр, реже устанавливается массовая или объемная доля минерала, которая выражается в процентах). При поисках часто в качестве количественной характеристики используют единицу измерения – количество знаков в пробе. Знак (ЗН) – зерно минерала независимо от его размера.

Обобщение материалов шлихового опробования проводится статистическими и графическими методами.

Статистическая обработка включает в себя расчеты стандартных статистик распределения и связи: средних, среднеквадратических отклонений, дисперсий, асимметрии, эксцессов, коэффициентов вариации, коэффициентов корреляции, уравнений регрессии. Строятся гистограммы и графики распределения содержаний минералов, гранулометрического состава и др.

Графическое обобщение материалов заключается в построении разнообразных карт: выхода тяжелой фракции, точечных (рис. 4.10), кружковых (рис. 4.11), ленточных шлиховых карт (рис. 4.12), карт в изолиниях содержаний. По отдельным водотокам, а также скважинам и горным выработкам строятся графики изменения содержаний минералов, их свойств и др.

Следует иметь в виду, что строить шлиховые карты в изолиниях можно лишь для площадей, на которых проведено детальное опробование по достаточно густой сети. Применение метода интерполяции при этом имеет существенное ограниче-

ние: между содержаниями минералов в пробах, отобранных по разные стороны водоразделов и тальвегов водотоков, интерполировать нельзя, т. к. линии водоразделов и тальвегов являются инвариантными.

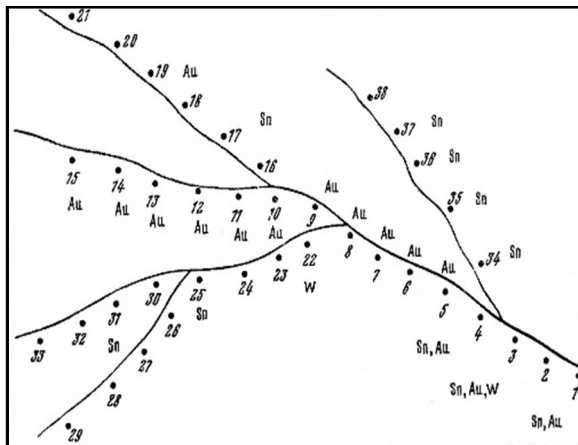


Рис. 4.10. Точечная шлиховая карта (по Е. О. Погребницкому, 1977)

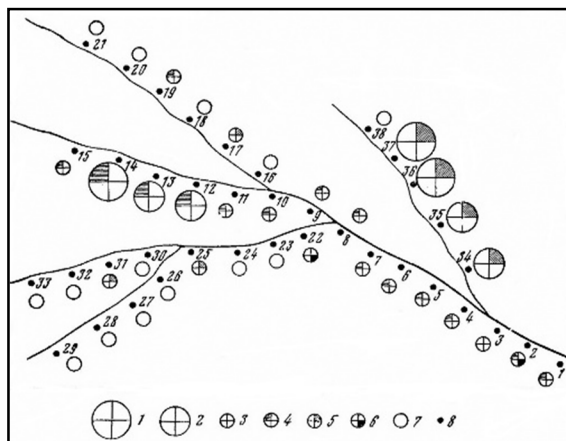


Рис. 4.11. Круговая шлиховая карта (по Е. О. Погребницкому, 1977):

- 1 – много минерала; 2 – среднее количество минерала;
- 3 – мало минерала; 4 – золото; 5 – касситерит;
- 6 – шеелит; 7 – шлиховые минералы отсутствуют;
- 8 – места отбора проб

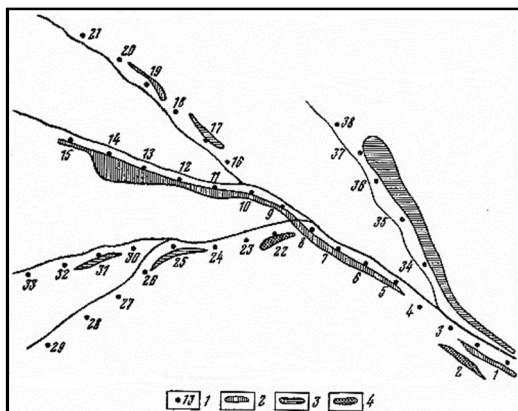


Рис. 4.12. Ленточная шлиховая карта (по Е. О. Погребницкому, 1977):
1 – номер пробы; 2 – золото; 3 – касситерит

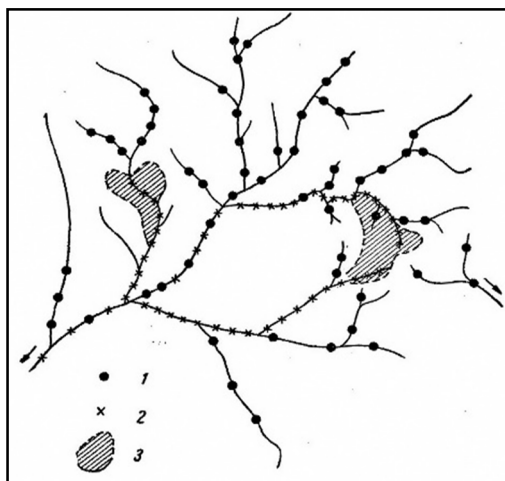


Рис. 4.13. Выявленные по результатам шлихового опробования участки возможного нахождения делювиальных россыпей (по Д. В. Воскресенскому):

- 1 – пустые пробы;
- 2 – пробы, содержащие полезные минералы в шлихах;
- 3 – площади, к которым приурочены коренные месторождения

Результаты статистических и графических обобщений материалов шлихового опробования должны получить геологиче-

скую интерпретацию. По материалам шлиховых поисков могут быть выявлены два типа объектов: россыпные и коренные.

Выявленные шлихо-минералогические аномалии должны быть объяснены с точки зрения причинной обусловленности: источники питания, ожидаемый геолого-промышленный тип коренного оруденения, критерии прогнозирования и т.п. (рис. 4.13). Для этого ведется комплексный анализ материалов геологической съемки и шлихового опробования. Минеральные ассоциации шлихов, включая минералы-спутники, позволяют более целенаправленно вести поиски и коренных месторождений.

Для аномалий определяются прогнозные ресурсы полезного ископаемого с использованием районных или браковочных кондиций. Для перспективных объектов по укрупненным показателям рассчитываются экономические показатели эксплуатации. На основе этих данных производятся разбраковка аномалий, выбор наиболее перспективных и принимается решение о направлении (или прекращении) дальнейших исследований.

Разновидностями шлихового метода поисков являются протолочно-шлиховой и шлихо-геохимический методы.

Протолочно-шлиховой метод основан на изучении ореолов рассеяния акцессорных минералов тяжелой фракции коренных горных пород. В зависимости от целевого назначения и ожидаемой концентрации акцессорных минералов из коренных пород отбираются пробы массой 2–3÷10–15 кг.

Отобранные пробы подвергаются обработке с использованием дробильных механизмов (щековые, валковые дробилки), стандартных наборов сит и приспособлений для сокращения. В результате должны быть получены протопочки, в которых материал имеет крупность не более 1–2 мм.

Обогащение дробленных проб ведется путем промывки в лотках или с помощью винтовых шлюзов (сепараторов). Полученные шлихи подвергаются фракционированию (аналогично тому, как это делается при изучении рыхлых отложений) и последующему количественному определению минерального состава.

Результаты количественно-минералогических определений состава протопочек являются основой для обобщения, ин-

терпретации и прогнозирования оруденения в коренных горных породах.

Шлихо-геохимический метод поисков. Эффективность и информативность шлихового метода могут быть существенно повышены, если шлих в целом или его отдельные фракции подвергаются химическому анализу (обычно используется приближенно-количественный спектральный или атомно-абсорбционный методы). Контрастность аномалий резко увеличивается, если анализируется не весь шлих, а его отдельные фракции. Сочетание в одном методе минералогической и геохимической информации увеличивает геологическую эффективность поисковых работ.

4.1.3. Геохимические методы поисков

Геохимические методы поисков основаны на изучении закономерностей распределения химических элементов и их природных соединений в литосфере, гидросфере, атмосфере и биосфере. В зависимости от сферы изучения они подразделяются на литохимический (металлометрический), гидрохимический, атмосферический и биохимический. Литохимический метод включает в себя три разновидности: литохимический по первичным ореолам рассеяния, литохимический по вторичным ореолам рассеяния, литохимический по потокам рассеяния. Все работы, связанные с геохимическими поисками месторождений, ведутся в соответствии с действующей «Инструкцией по геохимическим методам поисков рудных месторождений, 1983».

Литохимический метод по первичным ореолам рассеяния

Сущность метода заключается в выявлении повышенных концентраций элементов-индикаторов оруденения и их спутников в коренных породах. Площадные исследования данным методом возможны лишь на участках с хорошей обнаженностью, а также на участках, имеющих небольшую мощность рыхлых отложений, позволяющую осуществлять отбор проб непосредственно из обнажений или с применением легких выработок

(расчистки, закопушки). Все пройденные горные выработки и скважины должны быть также подвергнуты опробованию.

Сеть опробования зависит от масштаба исследований. При средне- и крупномасштабном изучении территорий отбор проб ведется в процессе проведения геологосъемочных маршрутов. При детальном исследовании масштаба 1:10000 и крупнее опробование осуществляется специальными маршрутными группами. При этом пробы отбираются по профилям, которые ориентируются вкрест простирания основных геологических структур.

Сеть отбора проб, как правило, неравномерная: расстояние между маршрутами и профилями в 5–10 раз больше, чем расстояние между пробами (табл. 4.4). Это обусловлено анизотропией геологических структур и геохимических полей, выражающейся в том, что изменчивость по простиранию существенно меньше изменчивости вкрест простирания.

Таблица 4.4

Густота сети опробования при литохимическом методе по первичным ореолам рассеяния (Инструкция по геохимическим методам поисков..., 1983)

Масштаб поисков	Расстояние между маршрутами или профилями, м	Расстояние между пробами, м	Количество проб на 1 км ²
1:50000	500	50	40
1:25000	250	20–40	100–200
1:10000	100	10–20	500–1000
1:5000	59	10	2000
1:2000	20	5	10000

Отбор проб на обнажениях, в горных выработках и скважинах производится методом пунктирной борозды путем отбойки 8–10 сколков размером 2–3 см на одинаковом расстоянии друг от друга. Отобранные кусочки объединяют в одну пробу по каждому интервалу длиной 5–10 м. Нельзя объединять в одну пробу материал, имеющий различный литолого-петрографический состав. Опробование должно быть сплошным: пробы должны примыкать одна к другой. Масса проб 150–200 г.

В скважинах при низком выходе керна опробуется шлам. При бурении с промывкой следует учитывать состав глинистого раствора и возможность избирательного разрушения керна.

Отбор проб сопровождается полевой геологической документацией, включающей фиксацию пункта отбора на карте и в полевом журнале с указанием литолого-петрографического состава пород.

Обработка проб включает в себя следующие операции:

- 1) дробление в щековых дробилках до крупности менее 5 мм;
- 2) измельчение в валковых дробилках до крупности менее 1 мм;
- 3) перемешивание по способу кольца и конуса и сокращение методом квартования до 50–100 г;
- 4) истирание на дисковых, вибрационных и других истирателях до 0,1–0,07 мм;
- 5) разделение квартованием на пробу, направляемую на анализ, и дубликат.

Пробы, помещенные в капсулы, вместе с сопровождающей ведомостью направляются в лабораторию для анализов.

Информация обобщается статистическими и графическими методами на ЭВМ с применением стандартных программ.

Статистическая обработка включает в себя определение фоновых и минимально аномальных содержаний; стандартных статистик распределения и связи элементов: средних значений, среднеквадратических отклонений, дисперсий, асимметрии, эксцессов, коэффициентов вариации, коэффициентов корреляции, уравнений регрессии.

Графическая обработка заключается в построении графиков изменения содержаний элементов по выработкам и профилям, а также в построении планов, карт и разрезов в изолиниях содержаний. Строятся моноэлементные и полиэлементные графики, планы и карты в изолиниях содержаний.

Моноэлементные – это графические документы, на которых показано изменение концентрации одного элемента. На полиэлементных графических документах изображаются геохимические поля комплексных характеристик, определенных путем сложения, умножения, деления. Полиэлементные поля строятся

для повышения надежности выявленных аномалий, что обусловлено тем, что они учитывают сразу несколько элементов.

Геохимический фон (C_{ϕ}) – местное среднее содержание химического элемента в горных породах, почвах, природных водах, приземной атмосфере и растениях за пределами месторождений и проявлений полезных ископаемых. Фоновое содержание соответствует преобладающим относительно низким и устойчивым содержаниям элемента в пробах, отобранных на участках маршрутов и профилей, заведомо удаленных от геохимических аномалий (рис. 4.14). Определяется как среднее по 100–250 пробам.

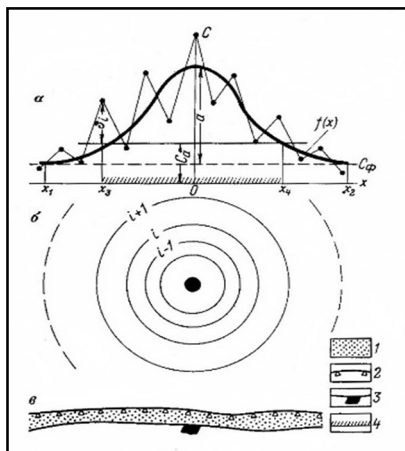


Рис. 4.14. Плоский ореол рассеяния вещества (б) и его сечение (а) по профилю (в) (по В. Ф. Мягкову, 1984):

1 – рыхлые образования; 2 – точки опробования; 3 – выход рудного тела под наносами; $f(x)$ – регулярная компонента поля; δ_i – случайная компонента поля; C_{ϕ} – предел рассеяния вещества (фоновое содержание); C_a – минимально аномальное содержание

Геохимическая аномалия – участок земной коры или поверхности, отличающийся существенно повышенными концентрациями каких-либо элементов или их соединений по сравнению с фоновыми. Для выделения одиночных аномалий элементов, имеющих нормальное распределение частот, минимально аномальное содержание (C_a) определяется по формуле

$$C_a = C_\phi + 3S,$$

где S – среднее квадратическое отклонение:

$$S = \sqrt{\frac{1}{n-1} \cdot \sum_{i=1}^n (C_\phi - C_i)^2}.$$

Для логнормального распределения минимально аномальное содержание (C_a) рассчитывается по формуле

$$C_a = C_g \cdot \sigma^3,$$

где σ – стандартный множитель; C_g – среднее геометрическое:

$$C_g = \sqrt[n]{C_1 \cdot C_2 \cdot C_3 \cdot \dots \cdot C_n};$$

$C_1, C_2, C_3, \dots, C_n$ – содержания элементов в частных пробах.

Стандартный множитель определяется по формуле

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n-1} \cdot \sum_{i=1}^n (\lg C_g - \lg C_i)^2}.$$

Элементы, концентрации которых близки к фоновым, из дальнейшей обработки исключаются вследствие малой информативности.

Перед построением полиэлементных геохимических полей необходимо выявить парагенетические ассоциации элементов. Для этого следует рассчитать коэффициенты парной корреляции и составить их корреляционную матрицу. В ассоциацию включаются элементы, имеющие между собой статистически значимые положительные связи.

Парагенетическая ассоциация, в которую входят основные элементы, определяющие тип ожидаемого оруденения, называется типоморфной. Пример выделения парагенетических ассоциаций приведен в табл. 4.5. Эти данные позволяют выделить две парагенетические ассоциации: 1) Zn, Pb, Cu, Ag, Cd; 2) Cr, Ni, Co.

Причем первая ассоциация является типоморфной, т.к. в нее входят главные элементы полиметаллических месторождений.

Таблица 4.5

Пример выделения парагенетических ассоциаций элементов полиметаллического месторождения на основе матрицы коэффициентов корреляции

	Zn	Pb	Cu	Ag	Cd	Cr	Ni	Co
Zn	1							
Pb	+	1						
Cu	+	+	1					
Ag	+	+	+	1				
Cd	+	+	+	+	1			
Cr	-	-	-	-	-	1		
Ni	-	-	-	-	-	+	1	
Co	-	-	-	-	-	+	+	1

Примечание. + – положительные статистически значимые коэффициенты корреляции; - – отрицательные статистически значимые коэффициенты корреляции.

При графическом обобщении геохимической информации строятся следующие виды полиэлементных полей:

- аддитивные,
- отношений,
- мультипликативные.

Аддитивные поля – это поля сумм содержаний элементов, например, поле суммы содержаний $Zn+Pb+Cu+Ag+Cd$. Операцию сложения целесообразно применять для элементов, имеющих между собой положительную корреляционную связь. Пример аддитивных полей, изображенных на разрезах, приведен на рис. 4.15.

Поля отношений – это поля характеристик, полученных путем деления содержаний элементов, например, поле отношения $Cu:Ni$. Поля отношений обычно применяются для элементов, имеющих между собой отрицательную корреляционную связь.

Мультипликативные поля – это поля комплексных характеристик, полученных путем умножения и деления содержаний элементов. Например, поле произведений содержаний $Cu \cdot Zn \cdot Pb \cdot Ag \cdot Cd$.

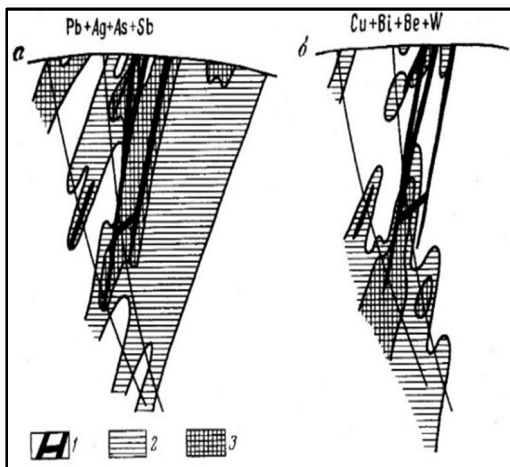


Рис. 4.15. Аддитивные ореолы элементов-индикаторов оруденения в разрезе (по С. В. Григоряну, 1987):

- 1 – рудные тела;
- 2 – участки умеренных значений аддитивного показателя;
- 3 – участки высоких значений аддитивного показателя

Методы аддитивных, мультипликативных полей и полей отношений элементов применяются для повышения надежности оценки полиэлементных аномалий. Для исключения искажающего влияния уровня концентраций отдельных элементов и повышения их информативности перед сложением, умножением или делением целесообразно произвести операцию нормирования. Нормированные значения содержаний элементов получают путем их деления на фоновые значения. Сущность нормирования заключается в приведении измеряемой величины в масштаб стандартных отклонений.

Примеры нормированных аддитивных характеристик (K_a):

$$K_a = \frac{Zn_i}{S_{Zn}} + \frac{Pb_i}{S_{Pb}} + \frac{Cu_i}{S_{Cu}} + \frac{Ag_i}{S_{Ag}} + \frac{Cd_i}{S_{Cd}},$$

$$K_a = \frac{Zn_i}{\overline{Zn}} + \frac{Pb_i}{\overline{Pb}} + \frac{Cu_i}{\overline{Cu}} + \frac{Ag_i}{\overline{Ag}} + \frac{Cd_i}{\overline{Cd}}.$$

В первой формуле нормирование произведено по среднеквадратическим отклонениям (S), во второй – по средним значениям элементов: $\overline{Zn}, \overline{Pb}, \overline{Cu}, \overline{Ag}, \overline{Cd}$.

Для случая, приведенного в табл. 4.4, мультипликативная характеристика (K_m) должна быть следующей:

$$K_m = \frac{\frac{Zn_i}{S_{Zn}} \cdot \frac{Pb_i}{S_{Pb}} \cdot \frac{Cu_i}{S_{Cu}} \cdot \frac{Ag_i}{S_{Ag}} \cdot \frac{Cd_i}{S_{Cd}}}{\frac{Cr_i}{S_{Cr}} \cdot \frac{Ni_i}{S_{Ni}} \cdot \frac{Co_i}{S_{Co}}}.$$

В числитель формулы помещены нормированные значения типоморфного комплекса элементов, в знаменатель – нормированные значения элементов, имеющих с типоморфными отрицательную корреляционную связь.

При обобщении и интерпретации результатов геохимического опробования следует учитывать, что первичные ореолы рассеяния могут иметь зональное строение. Это особенно характерно для месторождений эндогенного генезиса. Зональность обычно выражается в том, что максимальные концентрации отдельных элементов относительно рудных тел не совпадают. Элементы, обладающие высокой миграционной способностью, дают повышенные концентрации в верхних частях минерализованных зон, образуя надрудные ореолы рассеяния, а элементы с низкой миграционной способностью концентрируются в нижних частях, создавая подрудные ореолы.

Пример зональности первичных ореолов приведен выше (см. рис. 3.17). На рисунке отчетливо видно, что Ва, As имеют повышенные содержания в верхней части минерализованной зоны, образуя надрудный и верхнерудный ореол; Ag, Pb, Zn образуют околорудный ореол, а Мо, Со, Си, Вi – подрудный ореол. В пределах рудноформационных типов месторождений ряды зональности достаточно устойчивы (табл. 4.6). Они использу-

ются для установления уровня эрозионного среза оруденения и выбора направления поисковых работ.

Кроме построения полей моноэлементных ореолов рассеяния на разрезах зональность первичных ореолов устанавливается путем построения графиков изменения показателей геохимической зональности, коэффициентов зональности, реже коэффициентов корреляции.

Таблица 4.6

Ряды осевой зональности элементов-индикаторов
рудных месторождений
(Инструкция по геохимическим методам поисков..., 1983)

Тип месторождений	Ряды зональности отложения основных элементов-индикаторов (снизу-вверх)
1	2
<i>Медно-никелевые:</i> – Кольского района, – Норильского района	Co-Ni-Cu-Zn-Pb-(Ag, Ba) Co-Ni-Cu-(Ag, Mo)-Ba-Pb-(Ti, Sn, Zr)
<i>Редкометалльные пегматиты</i>	W-Nb-Ta-Sn-Cs-Rb-Li-As
<i>Вольфрамовые:</i> – скарново-шеелитовые, – грейзеновые, – кварц-гюбнеритовые, – кварц-шеелитовые	W-Ba-Sn-(Bi, Mo)-Zn-(Pb, Ag) Be-Sn-Bi-W-(Zn, Pb, Cu) Bi-(Sn, Be)-Co-W-Zn (W, Mo, Bi)-Be-Sn-Ag
<i>Оловорудные:</i> – кварц-касситеритовые, – сульфидно-касситеритовые	(As, Be, W)-B-Sn-Cu-(Zn, Ag, Pb) (W, Mo, As, Co)-(Zn, Cu)-(Zn, Ag, Pb)
<i>Медноколчеданные</i>	Mo-Co-As ₂ -Cu-Zn-Pb-Ag-As ₁ -Ba
<i>Меднопорфировые</i>	(B, W, Co, Sn)-(Mo, Cu)-Bi-Au-(Zn, Pb, Ag)-Sb-As-Ba-I

1	2
<i>Медные (жильные)</i>	Ni–Co–Bi–Cu–(Sn, Ag)–Zn–Pb–Ag–Ba–I
<i>Полиметаллические:</i> – скарновые, – жильные	Sr–(W, Mo)–Co–Bi–Cu–Zn–Pb–Ag–(Sb, As)–Ba–I W–As ₂ –Sn–Co–Bi–Cu–Zn–Pb–Ag–As ₂ –Ba–I
<i>Золоторудные:</i> – высокотемпературные, – среднетемпературные, – низкотемпературные	(Be, W, Au, As ₂ , Ni, Co)–Cu–Zn–(Pb, Ag, As ₁ , Sb) (Co, W, B)–Bi–(Sn, Mo)–Cu–Au–Zn–Pb–(Ag, As, Sb) (W, Bi, Sn)–Mo–(Cu, Zn)–Pb–Au–Ag–(As, Sb)–Ba–Hg
<i>Урановые (настуран-сульфидной формации)</i>	Mo*–Cu–Zn–Pb–Ag
<i>Стратиформные свинцово-цинковые</i>	Be–Ni–Co–Zn–Pb–Ag–Cu–As–Ba
<i>Ртутные</i>	(Bi, Mo)–Cu–Zn–Pb–Ag–(Hg, As, Sb)
<i>Сурьмяно-ртутные</i>	(Ni, Co)–Mo–Cu–Zn–Pb–Sn–Ag–(Sb, As)–Hg

Примечания:

1. Взаимоотношения элементов, заключенных в скобки, в ряду зональности не установлены.
2. На месторождениях, отмеченных знаком *, изучен ограниченный круг элементов- индикаторов.

Показатель геохимической зональности – это отношение одного нормированного элемента-индикатора к сумме нормированных содержаний всех других элементов-индикаторов. Для месторождения Канмансур показатель зональности (Π_3) имеет следующий вид:

$$\Pi_3 = \frac{Ba_i/\overline{Ba}}{As_i/\overline{As} + Ag_i/\overline{Ag} + Pb_i/\overline{Pb} + Zn_i/\overline{Zn} + Mo_i/\overline{Mo} + Bi_i/\overline{Bi}}$$

В формуле нормирование содержаний элементов произведено по среднему значению.

Коэффициент зональности (K_3) – это отношение сумм содержаний групп элементов-индикаторов, занимающих полярное положение в ряду геохимической зональности. Коэффициент зональности для месторождения Канмансур:

$$K_3 = \frac{Ba_i/\overline{Ba} + As_i/\overline{As} + Ag_i/\overline{Ag}}{Mo_i/\overline{Mo} + Co_i/\overline{Co} + Cu_i/\overline{Cu} + Bi_i/\overline{Bi}}$$

Выявленные в результате статистических и графических обобщений моно- и полиэлементные аномалии должны получить геологическую, генетическую и геохимическую интерпретацию. Следует установить ряды зональности элементов-индикаторов, надрудные, околорудные и подрудные ореолы рассеяния. На основе этих данных необходимо оценить уровень эрозионного среза оруденения и возможность обнаружения рудных тел на глубине. Все аномалии должны быть ранжированы по степени перспективности и надежности. Наиболее высокой оценки заслуживают площадные полиэлементные аномалии, имеющие высокую интенсивность и контрастность.

Геолого-экономическая оценка перспективных аномалий ведется на основе подсчета прогнозные ресурсов. На перспективных аномалиях сгущается сеть опробования, организуется вскрытие горными выработками и скважинами.

Литохимический метод по вторичным ореолам рассеяния

Сущность метода заключается в выявлении и оценке ореолов повышенных концентраций элементов-индикаторов и их спутников в элювиальных и элювиально-делювиальных отложениях путем их систематического опробования.

Метод эффективен лишь при мощности рыхлых покровных отложений не более 10 м. Перед постановкой работ следует произвести зонирование территории по ландшафтно-геохимическим, геологическим, почвенным и другим условиям, т.к. эти условия определяют особенности строения геохимических полей и должны учитываться при интерпретации результатов опробования.

Сеть опробования определяется масштабом исследования (табл.4.7). При средне- и крупномасштабных поисках маршруты

прокладываются с учетом характера рельефа: преимущественно субпараллельно топогоризонталям. При детальных исследованиях масштаба 1:10000 и крупнее отбор проб производится по профилям, которые ориентируются вкрест простирания основных геологических структур. Сеть отбора проб, как правило, неравномерная: расстояние между маршрутами и профилями в 5–10 раз больше, чем расстояние между пробами. Это обусловлено пространственной анизотропией геологических структур и геохимических полей, заключающейся в том, что изменчивость по простиранию меньше изменчивости вкрест простирания.

Таблица 4.7

Плотность сети опробования вторичных ореолов рассеяния
(Инструкция по геохимическим методам поисков..., 1983)

Масштаб	Расстояние между профилями, м	Расстояние между точками пробоотбора, м	Число проб на 1 км ²
1:200000	2000	200	2–5
1:100000	1000	100	10–20
1:50000	500	50	40
1:25000	250	40–50	80–100
1:10000	100	20–25	400–500
1:5000	50	10–20	1000–2000
1:2000	25	10	4000

Отбор проб производится из представительного горизонта рыхлых отложений, который для региона предварительно должен быть установлен опытно-методическими работами. Представительный горизонт – это горизонт, в котором сосредоточены наиболее высокие концентрации элементов-индикаторов. Его положение зависит от климатических особенностей изучаемой площади. В условиях аридного климата происходит засоление верхних горизонтов рыхлых отложений. Напротив, при гумидном климате идет интенсивная промывка верхних горизонтов отложений. По этой причине повышенные концентрации элементов-индикаторов сосредоточиваются на глубине. В регионах, имеющих аридный климат (пустыни, полупустыни), глубина отбора проб принимается равной 0,1–0,2 м; в лесных и горно-таежных – 0,2–1,5 м; на территориях, имеющих гумидный климат (тропики, субтропики), – 3–5 м и более.

С глубины до 25–40 см отбор проб ведется с помощью лопаты или кайла-мотыги. При большей глубине залегания представительного горизонта для отбора проб проходятся копуши, мелкие скважины ручного или шнекового бурения. В пробу отбирается мелкая песчано-глинистая фракция элювиально-делювиальных отложений, находящихся ниже почвенно-растительного слоя. Масса проб около 200 г. Проба вместе с этикеткой помещается в заранее пронумерованные мешочки с завязками. Отбор проб сопровождается полевой документацией, включающей топографическую привязку, фиксацию пунктов отбора на карте и в полевом журнале. В журнале указываются исполнитель, дата, номер профиля (маршрута), номера проб. Параллельно в журнале ведется абрис маршрута, в котором отражаются результаты геологических и геоморфологических наблюдений, содержатся сведения о характере рельефа, растительности, типе отложений, указаны местные ориентиры, старые горные выработки, рудные свалы и т.п. Пройденные маршруты в тот же день должны быть вынесены на сводную карту геохимического опробования.

Обработка проб производится для получения материала, пригодного для анализов. Стандартная обработки проб (рис. 4.16) предусматривает их сушку, просеивание, определение магнитной восприимчивости, механическое истирание и сокращение. Масса проб, направляемых на анализ, должна составлять около 25 г. Для проб, в которых будет определяться Au, – 100 г. После обработки каждой пробы все механизмы и оборудование должны тщательно очищаться.

При региональных геологосъемочных работах обязательному определению в пробах спектральным методом (методом просыпки) подлежат следующие химические элементы (в порядке возрастания их атомных номеров): Be, B, P, Ti, V, Cr, Mn, Co, Ni, Cu, Zn, As, Sr, Zr, Nb, Mo, Ag, Sn, Sb, Ba, La, W, Pb, Bi. Кроме того, особо должна быть рассмотрена целесообразность применения специальных методик анализа на F, Au, Hg, U, Li, Rb, Cs, K, Na и другие элементы.

Перечень элементов на стадии поисковых работ следует уточнить с учетом имеющихся геологических данных и минералогических особенностей территории. В пробах, показавших

аномально высокие содержания элементов-индикаторов, должны быть определены содержания редких и рассеянных элементов, являющихся их спутниками.

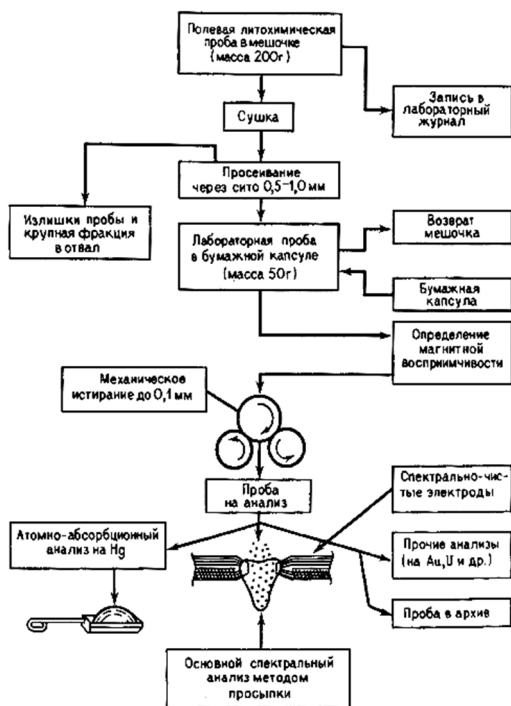


Рис. 4.16. Схема обработки и анализа литохимических проб
(Инструкция по геохимическим методам поисков..., 1983)

Информация обобщается статистическими и графическими методами, аналогично обработке данных геохимических поисков по первичным ореолам рассеяния. Для определения фоновых содержаний составляются карты-разноски по каждому элементу, на которых указываются пункты опробования, содержания элементов и их изоконцентраты. Эти карты также позволяют определить степень информативности элемента.

Моноэлементные карты составляются на геологической основе. Аномалии на них показываются штриховкой или цветовой раскраской. Широко применяется построение полиэлемент-

ных карт (аддитивных, мультипликативных и т.п.). Преобладающими графическими документами являются карты и планы в изолиниях, а также графики геохимических характеристик по отдельным профилям.

Данные, полученные в результате графических и статистических обобщений, интерпретируются с учетом геологических, геофизических, аэрокосмических, минерагенических, генетических и других особенностей изучаемой территории. Однако следует учитывать и особенности формирования вторичных ореолов: ландшафтные, климатические условия, мощность рыхлых отложений, смещение ореолов по склону (рис. 4.17), возможность образования ложных аномалий и т.п.

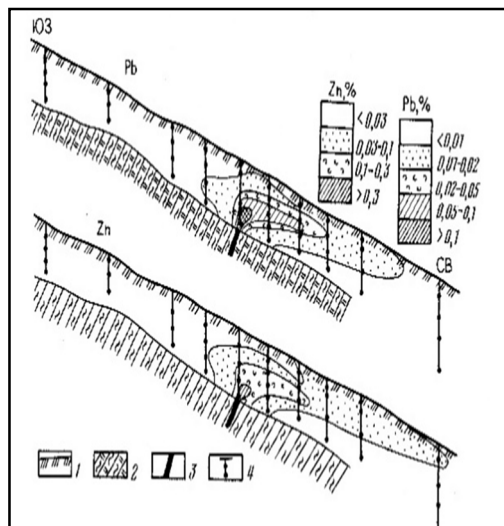


Рис. 4.17. Смещение ореолов свинца и цинка на горном склоне
(Справочник..., 1990):

- 1 – элювий-делювий;
- 2 – сланцы;
- 3 – рудная жила;
- 4 – точки пробоотбора

Все аномалии должны быть ранжированы по степени перспективности и надежности. Наиболее высокую оценку должны получить площадные полиэлементные аномалии, имеющие высокую интенсивность и контрастность. Геолого-экономическая

оценка перспективных аномалий производится на основе подсчета прогнозные ресурсов.

На перспективных аномалиях сгущают сеть опробования, организуется вскрытие горными выработками и скважинами с последующей их детальной документацией и опробованием.

*Литохимический метод по потокам рассеяния
(метод донных осадков)*

Сущность метода заключается в выявлении и оценке ореолов повышенных концентраций элементов-индикаторов оруденения и их спутников в пролювиально-аллювиальных отложениях путем их систематического опробования. Потоки рассеяния временных и постоянных водотоков могут рассматриваться как внешние зоны вторичных ореолов. Поэтому данный метод часто объединяют с выше охарактеризованным и называют «Литохимический метод по вторичным ореолам и потокам рассеяния».

Метод применяется на стадии региональных работ в комплексе с геологическими и геофизическими съемками; он позволяет быстро получить геохимическую и минерагеническую характеристику больших территорий и выделить перспективные для более детальных исследований площади.

Условием применения метода донных осадков является равномерное развитие временных и постоянных водотоков, обеспечивающих возможность создания равномерной сети опробования. Сеть опробования определяется масштабом исследования (табл. 4.8). Маршруты начинаются и заканчиваются в 100 м выше и ниже устьев рек с отбором в конечных точках двух проб на расстоянии 20–30 м (рис. 4.18).

Таблица 4.8

Плотность опробования литохимических потоков рассеяния
(Инструкция по геохимическим методам поисков..., 1983)

Масштаб	Среднее расстояние между опробуемыми руслами, км	Расстояние между точками пробоотбора по руслу, км	Число проб на 1 км ²
1:200000	2	0,50	1
1:100000	1	0,25	4
1:50000	0,5–0,7	0,05–0,25	8

Отбор проб сопровождается полевой документацией с фиксацией пунктов отбора на карте и описанием в полевом журнале (аналогично документации при опробовании вторичных ореолов). Обработка проб и их анализ ведутся по методике, принятой при поисках по вторичным ореолам рассеяния.

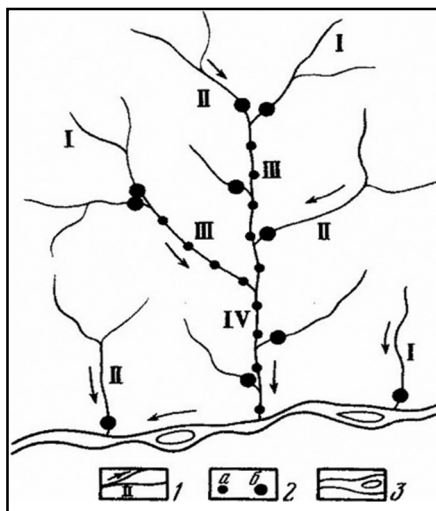


Рис. 4.18. Схема отбора проб при литохимической съемке по потокам рассеяния (Справочник..., 1990):
1 – реки и их порядок; 2 – пункты отбора проб (а – рядовых, б – двойных); 3 – магистральная река

В пробу отбирается илесто-глинистая или песчаная фракция аллювиальных (пролювиальных) отложений с поверхности либо с глубины до 60 см и более в сухой части русла временного или постоянного водотока, либо с его дна (аналогично опробованию вторичных ореолов). Широкие заболоченные долины опробуются двумя параллельными маршрутами по бортам с опробованием боковых притоков и конусов выноса.

Информация обобщается статистическими и графическими методами. Результаты исследования проб представляются в виде карт на геологической основе, на которых поток рассеяния каждого элемента (или комплексного показателя) изображается в виде линий, параллельных оси опробованного русла. Длина

линии соответствует протяженности потока рассеяния. Содержания элементов (количественные характеристики комплексных показателей) обозначаются линиями различной толщины (аналогично построению ленточных шлиховых карт).

По отдельным водотокам могут быть построены графики изменения геохимических показателей. Возможности построения карт в изолиниях ограничены, т.к. аллювиально-пролювиальные отложения не имеют сплошного площадного развития.

При поисках литохимическим методом по вторичным ореолам и потокам рассеяния часто изучаются практически те же отложения, что и шлиховым методом. Поэтому целесообразно провести сравнительный анализ методов, с тем чтобы четко представлять их достоинства и недостатки. Результаты такого анализа приведены в табл. 4.9.

Таблица 4.9

Сравнительная характеристика шлихового и литохимического методов поисков по вторичным ореолам и потокам рассеяния

Шлиховой метод		Литохимический метод	
Достоинства	Недостатки	Достоинства	Недостатки
1. Высокая надежность исходной пробы. 2. Высокая чувствительность. 3. Устанавливаются минеральные формы нахождения (возможность установления генезиса оруденения). 4. Устанавливаются более дальние по сравнению с литохимическими ореолы рассеяния	1. Компоненты глинистой, тонкозернистой и легкой фракций не улавливаются. 2. Физически и механически неустойчивые минералы шлихами не улавливаются. 3. Качество промывки зависит от квалификации рабочего. 4. Высокая стоимость	1. Малая масса проб, более густая сеть наблюдений. 2. Определяется большое количество элементов. 3. Определяются элементы, находящиеся в составе глинистой и тонкозернистой фракций в устойчивой и неустойчивой формах. 4. Невысокая стоимость	1. Не выявляются петрогенные элементы (имеющие высокие кларки). 2. Сложность интерпретации при отсутствии информации о минеральных формах нахождения. 3. Возможно образование ложных аномалий, обусловленных приповерхностными геохимическими барьерами

Гидрохимический метод поисков

Гидрохимический метод поисков заключается в использовании химического состава природных поверхностных и подземных вод для обнаружения месторождений полезных ископаемых. В основе этого метода лежит способность воды к растворению пород, ее участие в химических превращениях минералов и свойства воды как подвижной среды. Связь между химическим составом воды и наличием вблизи водоисточника залежей полезных ископаемых не вызывает сомнений, она является одной из причин возникновения гидрохимических аномалий, имеющих поисковое значение.

Условия применения. Наиболее эффективно применение гидрогеохимического метода для поисков месторождений полезных ископаемых, находящихся:

1) на участках, перекрытых мощным чехлом рыхлых отложений, когда не эффективен даже биогеохимический метод поисков;

2) в резко расчлененных высокогорных районах, где из-за специфических условий дренажа подземных вод метод становится не только более глубинным, но и возможна более точная интерпретация гидрогеохимических аномалий;

3) в платформенных условиях при вероятном залегании тел полезных ископаемых ниже местных базисов эрозии.

В зависимости от решаемых задач гидрохимические исследования можно разделить: 1) на региональные (1:200000–1:100000); 2) собственно поисковые (1:50000–1:25000); 3) детальные (1:10000 и крупнее).

Региональные исследования. Позволяют выяснить общие геохимические и гидрогеохимические особенности региона, выделить наиболее перспективные территории. Поэтому рассматриваемый этап имеет особое значение при гидрогеохимических исследованиях. В пробах, отобранных на этом этапе, должна определяться концентрация максимального числа компонент-индикаторов полезных ископаемых, вероятных для изучаемого региона.

Работы поисковой стадии проводятся на перспективных площадях для выявления гидрогеохимических ореолов и выделения участков для постановки детальных работ.

Детальные исследования ведутся с целью оконтуривания месторождений, а в некоторых случаях даже отдельных тел полезных ископаемых, в пределах перспективных участков, выявленных предыдущими исследованиями.

Метод основан на выявлении в природных водах ореолов повышенных концентраций элементов-индикаторов, хорошо мигрирующих в водной среде: Cu, Zn, Pb, Ni, Co, Mo, As, Sb, U, Ra; щелочных элементов (Li, Na, K, Rb, Cs); щелочноземельных элементов (Mg, Ca, Sr, Ba); J, Br. Наиболее благоприятными объектами для поисков гидрохимическим методом являются месторождения минеральных солей, минеральных вод, промышленных йодо-бромных вод, месторождений боратов. Из рудных наилучшие результаты получены при поисках сульфидных колчеданно-полиметаллических и медно-колчеданных месторождений (рис. 4.19).

Гидрохимический метод весьма эффективен при поисках урановых гидрогенных (инфильтрационных) месторождений в зонах пластового окисления в аридных климатических и палеоклиматических областях. Рудные тела этих месторождений, получившие название «роллов», формируются из природных вод на восстановительных барьерах.

Плотность сети опробования зависит от масштаба исследования (табл. 4.10) и размещения водных источников.

Таблица 4.10

Плотность сети опробования при гидрохимических поисках
(Инструкция по геохимическим методам поисков..., 1983)

Масштаб	Число проб в зависимости от сложности геологического строения и ландшафтно-геохимических условий		
	Простые	Средние	Сложные
1:200000	0,1	0,15	0,2-0,4
1:50000	1,1	1,7	1,5-2,0
1:25000	2,3	3,4	4, 0-5,0
1:10000	Опробуются все водоупоры при расстоянии между ними не более 100 м. Если это условие выполнить невозможно, поиски в данном масштабе проводиться не могут		

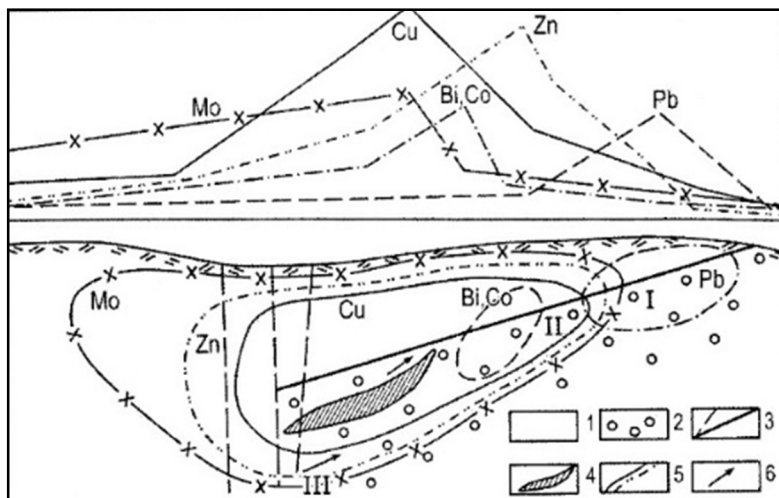


Рис. 4.19. Зональность гидрохимических ореолов над скрытой медноколчеданной залежью (разрез)
(по С. В. Григоряну и др., 1987):

1 – терригенные породы; 2 – конгломераты; 3 – разрывные нарушения; 4 – колчеданная залежь; 5 – изолинии повышенных концентраций элементов в грунтовых водах; 6 – пути движения подземных вод. I – группа надрудных ореолов Zn+Pb+Ba; II – группа околорудных ореолов Ba+Cu+Zn+Mo+Pb; III – группа подрудных ореолов Co+Bi+Cu+Zn+Pb+Mo

Пробы отбираются из родников, колодцев, малых рек, скважин, горных выработок. Опробование сопровождается полевой документацией, включающей привязку и фиксацию водного источника на топографической карте, а также описание в полевой книжке объекта изучения. Отмечаются: тип источника, время отбора, физические свойства воды (температура, цвет, запах, наличие спонтанных газов), дебит, минеральные новообразования (травертины, охры, грязи и т.п.). Обязательно указываются геологическая и геоморфологическая позиции источника.

Пробы воды помещаются в тщательно промытые и дважды сполоснутые стеклянные или пластмассовые бутылки.

Объем проб зависит от величины ожидаемого сухого остатка и видов анализов и может составлять 0,4–1,0 л.

В полевых условиях для каждого водоупункта определяются: рН, SO_4 , сумма металлов, HCO_3 , $\text{Fe}_{\text{общ}}$, O_2 , Cl , H_2S и CO_2 . Пробы, в которых будут определяться Cu , Zn , Pb , Ni , Co , U , Ra , после определения рН непосредственно в поле подкисляют соляной (1:1) кислотой из расчета 3 мл на 1 л воды. Пробы на определение Ag и Hg , а также для получения сухого остатка аналогичным образом подкисляют серной (1:1) кислотой.

В лабораторных условиях проводится общий химический анализ воды (CaO , MgO , Na_2O , K_2O ; HCO_3 , SO_4 , NO_3 , NO), определяется общая минерализация; концентраты проб (сухой остаток) анализируются приближенно-количественным спектральным методом. Для определения содержаний компонентов в воде применяются разнообразные методы анализа: соосаждения в присутствии различных реагентов, метод сорбции активированным углем, ионно-обменными смолами и др.

Обобщение информации ведется статистическими и графическими методами, аналогично обработке данных геохимических поисков по первичным ореолам рассеяния. Преобладающими графическими документами являются карты и планы в изолиниях, а также графики геохимических характеристик по отдельным профилям.

Для определения фоновых содержаний составляются карты-разноски по каждому элементу, на которых показываются пункты опробования, содержания элементов и их изоконцентраты. Эти карты позволяют также определить степень информативности элемента.

Моноэлементные карты составляются на геологической (гидрогеологической) основе. Аномалии на них показываются штриховкой или цветовой раскраской. Строятся карты общей минерализации, макрокомпонентов и других характеристик вод.

Широко применяется построение полиэлементных карт (аддитивных, мультипликативных, отношений и т.п.).

Интерпретация результатов гидрохимических поисков характеризуется повышенной сложностью, что обусловлено необходимостью учета большого количества факторов, таких как ландшафтно-геохимические условия, гидрогеологические осо-

бенности территории (водоносные и водоупорные свиты, горизонты, комплексы), литогеохимические особенности разреза, минерализация и химический состав вод, миграционная способность элементов, сезонность интенсивности водной миграции и концентрации компонентов и др.

При оконтуривании аномалий необходимо учитывать направление стока подземных и поверхностных вод, зональность распределения элементов-индикаторов, их ассоциации, зависимость от степени окисления погребенных рудных тел и др.

Все аномалии должны быть ранжированы по степени перспективности и надежности. Наиболее высоко оцениваются площадные полиэлементные аномалии, имеющие высокую интенсивность и контрастность.

Геолого-экономическая оценка перспективных аномалий ведется на основе подсчета прогнозных ресурсов.

На площадях развития перспективных аномалий следует произвести детальный осмотр, вскрытие горными выработками и скважинами с последующей детальной документацией и опробованием. На основе этих данных и с учетом комплексного геологического анализа принимается решение о направлении и целесообразности дальнейших исследований.

Специфической разновидностью гидрохимического метода поисков является так называемая *снеговая съемка*, которая применяется при поисках месторождений нефти и газа, а также при экологических исследованиях.

Положительный опыт применения снеговой съемки известен при поисках месторождений углеводородов в северных территориях Российской Федерации, в частности на полуострове Ямал. Именно на этих площадях в течение продолжительного времени (100 и более дней) лежит устойчивый снежный покров. Отбор проб снега производят в конце зимнего периода с помощью специальных буров по профилям или по квадратной сети с шагом 250–2000 м в зависимости от масштаба исследований. Отбор проб ведется с помощью специальных буров. Глубина отбора проб на 0,3 м выше поверхности земли. Эта глубина выбрана по двум причинам: 1) для исключения попадания в пробы загрязняющего материала, образующегося в начале образования снежного покрова; 2) опытно-методическими работами доказа-

но, что контрастность геохимических аномалий с удалением от поверхности земли резко снижается. Объем проб снега выбирается таким, чтобы обеспечить получение необходимого для проведения анализов количества талой воды. В пробах определяются содержания углеводов. Однако, как показали опытно-методические работы, по сравнению с углеводородами лучше аккумулируются и сохраняются в снеговом покрове такие элементы нефтегазопродуктивных горизонтов, как Al, Co, Cu, Se, Cd, I, Hg, Pb, U. По аномальным значениям содержаний элементов-индикаторов оконтуриваются площади, перспективные на выявление месторождений, которые в дальнейшем подвергаются заверке бурением.

Снеговая съемка достаточно эффективна и при экологических исследованиях, в частности при оценке техногенных загрязнений окружающей среды. Отбор проб может производиться либо на полную мощность снегового покрова, либо поинтервально. Поинтервальное опробование дает возможность выявить временные тенденции загрязнения окружающей среды. Результаты исследования химического состава проб талой воды подвергаются статистическим и графическим обобщениям, что позволяет выявить основные источники загрязнения окружающей среды, включая тип загрязнения, интенсивность, а также с известной степенью достоверности и их время.

Атмохимический метод поисков

Сущность атмохимического метода поисков заключается в изучении распределения газов в атмосфере, почве и подпочвенных рыхлых отложениях с целью выявления газовых ореолов скрытых на глубине залежей полезных ископаемых.

Метод наиболее эффективен и может иметь преимущество по сравнению с другими геохимическими методами при поисках погребенных месторождений, перекрытых толщами молодых отложений мощностью до нескольких сотен метров. Атмохимический метод следует применять только на площадях, для которых его эффективность доказана опытно-методическими работами.

Широкое распространение метод получил при поисках радиоактивных руд (радоновая, торонная съемки), нефтяных и

газовых месторождений. Производство работ разновидностями атмосферического метода поисков регламентируется специальными инструкциями.

Практическое применение при поисках сульфидных (Hg, Mo, Cu) и некоторых других рудных месторождений пока получили лишь методы, основанные на изучении комплекса газов (CO₂, углеводороды, H₂, He, Ar, O₂ и др.), и газортутный метод.

Для выявления нефтяных и газовых залежей широкое применение получил *газовый каротаж*, сущность которого заключается в определении газообразных и легких жидких углеводородов в буровом растворе, реже в керне. Газовый каротаж используется также для изучения газоносности угольных пластов.

Плотность сети опробования определяется масштабом исследований (табл. 4.11). При региональных работах отбор проб ведется по маршрутам, а при детальным – по профилям.

Таблица 4.11

Плотность сети опробования при атмосферическом методе поисков
(*Инструкция по геохимическим методам поисков...*, 1983)

Масштаб	Расстояние между маршрутами или профилями, м	Расстояние между пробами, м	Количество проб на 1 км ²
1:50000	500	50–100	20–40
1:25000	250	20–25	80–160
1:10000	100	10–25	400–1000
1:5000	50	5–10	2000–4000

Опробованию подвергаются призабойные части мелких скважин, пробуренных самоходными станками, ручными мотобурами или путем забивки в грунт зондов. Глубина отбора проб устанавливается опытно-методическими работами и обычно составляет 1,5–3,0 м. Отбор проб производится с помощью специального газоотборника (рис. 4.20) обязательно ниже зоны интенсивного обмена с атмосферой.

Перед газоотбором из выработки откачивается воздух, поступивший из атмосферы. Отбор проб производится в стеклянные баллончики цилиндрической формы емкостью 0,25 или 0,5 л с двумя отрезками стеклянных трубочек диаметром 5 мм, впаянными в их основания. Заполняют баллончики путем выдува-

ния потоком почвенного газа, откачиваемого из скважины. После этого баллончики закупориваются стеклянными пробками.

Полевая документация заключается в фиксации в полевом журнале следующих данных: название участка, сеть опробования, дата, время начала работы, номера профилей, их азимут, топографическая привязка, погода, температура почвы, концентрация газов, замеры фона прибора, глубина зонда, характер рыхлых отложений, геоморфологические данные и т.п. Пункты отбора проб должны быть отражены на карте фактического материала.

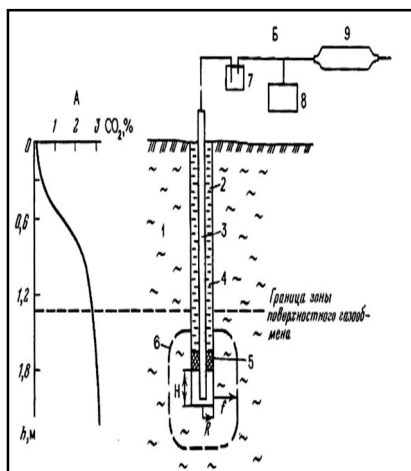


Рис. 4.20. Схема опробования почвенного воздуха
(Справочник ..., 1990):

- А – распределение газовых компонентов;
- Б – схема опробования: 1 – горные породы; 2 – ствол скважины;
- 3 – пробоотборник; 4 – глинистый раствор;
- 5 – резиновый уплотнитель; 6 – контур зоны извлечения газа;
- 7 – фильтр-осушитель; 8 – полевой газоанализатор;
- 9 – газовая ампула

Содержания CO_2 , SO_2 и суммы углеводородов определяются непосредственно на точках наблюдения с помощью переносных газоанализаторов.

Измерение концентрации паров ртути производится в шпуре, пробитых ломом на глубину 0,3–0,6 м, или в мелких

скважинах глубиной 1–3 м с помощью ртутного атомно-абсорбционного газоанализатора. Содержания других компонентов определяются в стационарных лабораториях.

Количество контрольных измерений должно быть не менее 10%. Информация, как и при проведении других геохимических методов поисков, обобщается статистическими и графическими методами.

Особенность атмохимических аномалий состоит в том, что они фиксируют зоны повышенной пористости и трещиноватости, которые могут соответствовать зонам разрывных нарушений (рис. 4.21). Все установленные при обобщении информации аномалии должны быть осмотрены на местности с проведением повторных наблюдений методом, которым они были выявлены, но по более густой сети. Кроме того, атмохимические

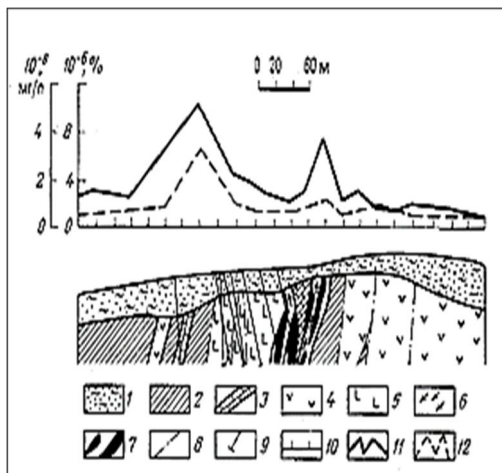


Рис. 4.21. График изменения концентрации ртути в почвенном воздухе над месторождением киновари (по В. З. Фурсову):

- 1 – суглинки, 2 – сланцы, 3 – известняки, 4 – эффузивы,
- 5 – серпентиниты, 6 – листвениты, 7 – рудные тела,
- 8 – разрывные нарушения; 9 – скважины, 10 – точки измерения,
- 11 – график концентрации паров ртути,
- 12 – график концентрации паров ртути в твердой фазе

аномалии должны быть проверены литохимическим опробованием вторичных ореолов рассеяния. Решение о перспективности атмосферических аномалий принимается на основе данных глубинного литохимического опробования скважин, пробуренных на 3–5 профилях.

Все аномалии следует ранжировать по степени перспективности и надежности. Наиболее высокую оценку должны получить площадные полиэлементные аномалии, имеющие высокую интенсивность и контрастность. Геолого-экономическая оценка перспективных аномалий дается на основе подсчета прогнозные ресурсов.

Биохимический метод поисков

Сущность биохимического метода поисков заключается в выявлении геохимических аномалий, образующихся в биосфере. Практическое значение имеет изучение элементов-индикаторов оруденения только в растениях, благодаря их стабильному положению на местности.

Биохимический метод целесообразно применять лишь в ландшафтно-геохимических условиях, где он имеет преимущества перед литохимическими поисками, что должно быть доказано опытно-методическими работами и экономическими расчетами.

Применение метода целесообразно на площадях:

- развития полностью выщелоченных зон окисления и кор выветривания;
- развития неглубоко залегающих вторичных ореолов, перекрытых дальнепереносными отложениями небольшой (2–10 м) мощности в условиях гумидного климата;
- развития вторичных ореолов, перекрытых дальнепереносными отложениями умеренной мощности (до 30 м, иногда до 80 м) в условиях аридного климата при наличии растений с глубокопроникающими корневыми системами;
- распространения болотных отложений при неглубоком залегании рудных тел и их вторичных ореолов (2–10 м), в том числе при наличии многолетней мерзлоты;
- развития крупноглыбовых курумов.

Биохимический метод нецелесообразно применять:

- в горных, активно денудированных районах;
- в районах, где месторождения залегают на большой глубине, недоступной для формирования биохимических ореолов;
- на площадях, лишенных растительного покрова;
- при поисках руд, элементы-индикаторы которых входят в состав труднорастворимых крупных кристаллов, зерен и агрегатов в формах, недоступных для усвоения корневой системой растений.

Плотность сети опробования определяется масштабом исследований (табл. 4.12).

Таблица 4.12

Плотность сети опробования при биохимическом методе поисков
(*Инструкция по геохимическим методам поисков...*, 1983)

Масштаб	Расстояние между пробами или профилями, м	Расстояние между пробами, м	Количество проб на 1 км ²
1:50000	500	20–100	10000–50000
1:25000	250	10–50	2500–25000
1:10000	100	10–20	1000–5000
1:5000	50	5–20	500–1000
1:2000	20	2–20	80–400
1:1000	10	2–10	20–100

При региональных работах отбор проб ведется по маршрутам, а при детальных – по профилям. Опробованию подвергаются безбарьерные части широко распространенных на площади исследования многолетних растений: кора, ветви, хвоя сосны, лиственницы, кедр, пихты, ели, листья березы, ивы, осины и др. (табл. 4.13). При отсутствии в точке наблюдения выбранного для опробования вида растения пробы могут отбираться из этого же вида на небольшом удалении (но не более 1/3 шага опробования).

При опробовании необходимо следить за тем, чтобы в пробу, насколько это возможно, отбирался незагрязненный однотипный (вид и органы растений, их возраст) материал. В пробу можно объединять однотипный материал нескольких растений одного вида.

Опробование должно проводиться оперативно в течение двух-трех недель. Если это невозможно, то площадь должна быть разделена на участки, опробованные в течение двух-трех недель. Нежелательно проводить опробование во время интенсивных дождей и в течение двух-трех дней после их окончания. Наиболее благоприятным временем опробования растений является осенний и осенне-зимний период после окончания вегетации.

Масса отбираемых проб обычно составляет 100–200 г сырого вещества, что достаточно для проведения спектрального анализа получаемой из них золы. Зольность сухого вещества растений колеблется от 0,2 до 35 %, составляя в среднем 2,5–3,0 %. Для отбора проб коры деревьев используют легкие топоры, для отбора проб ветвей деревьев и кустарников – садовые ножницы или ножи. Листья и травянистые растения обрывают руками. Пробы упаковывают в матерчатые мешочки или в бумажные пакеты.

Таблица 4.13

Характеристика растений, рекомендуемых для опробования при биохимических поисках
(по А. Л. Ковалевскому, 1984)

Виды растений	Часть растений	Наиболее информативные микроэлементы
		<i>Глубина корневой системы 5–20 м</i>
Сосна обыкновенная	Шишки	Li, Rb, Cs, Ag, Au, Be, Ra, Zn, Hg, Pb, As, Sb, Bi, Cr, Mo, W, Ni
	Внешние слои корки стволов	Li, Au, Be, Sr, Ba, Ra, Zn, Hg, Sn, Pb, As, Sb, Bi, W, Mn
Полынь	Надземные части	Rb, Be, Ra, Zn, As, Mo
		<i>Глубина корневой системы 1–5 м</i>
Береза бородавчатая и плосколистная	Корка стволов	Rb, Cu, Ag, Au, Be, Sr, Ba, Ra, Zn, Hg, B, Tl, Pb, As, Sb, Bi, W, F
Лиственница даурская и сибирская	Внешние слои корки стволов	Cu, Au, Be, Sr, Ba, Ra, Zn, Hg, Tl, Pb, As, Bi, W, Mn
Кедр сибирский	То же	Rb, Ag, Au, Sr, Ra, Zn, Hg, Pb, Bi, Mo, W
Ель сибирская	Корка стволов	Rb, Au, Sr, Ba, Ra, Hg
Пихта сибирская	То же	Rb, Au, Sr, Ba, Ra, Zn
Осина дрожащая	То же	Rb, Cs, Au, Sr, Ba, Ra, Zn, Pb

Документация ведется в полевой книжке единого образца. Указываются: дата, привязка пункта отбора пробы, вид и часть растения, возраст (диаметр) древесных растений, фенофаза (сокодвижение, набухание почек, облиствение, цветение, созревание семян и плодов, осенняя раскраска листьев, листопад, после листопада); абрис профиля или маршрута с указанием положения характерных точек рельефа, смены растительных ассоциаций и почв, время дождей и др. Список видов опробуемых растений и их аббревиатуры должны быть приведены на первой странице полевой книжки.

Контрольное опробование проводится в объеме не менее 5% от общего числа проб. Контрольное опробование I этапа должно проводиться на площадях аномалий, установленных другими методами или представляющих интерес по геологическим, ботаническим и другим данным. Контрольное опробование II этапа проводится после получения результатов анализов на площадях выявленных площадных аномалий. При этом условия пробоотбора должны быть однотипны.

Обработка проб биомассы заключается в их озолении, которое ведется при свободном доступе воздуха и свободном горении пробы в начале операции. Озоление производится в полевых условиях в печах, оборудованных тягой. Измельченные до 3–10 мм пробы помещают в жаропрочные тигли из стекла, фарфора или керамики и, периодически помешивая, выдерживают при температуре 400–600⁰С в течение от 20 мин до 4–8 ч. Показателем полного озоления является равномерный пепельно-серый, белый, коричневый или иной цвет золы и отсутствие черных углей.

Озоленные пробы помещаются в бумажные капсулы и вместе с сопроводительной ведомостью направляются на приближенно-количественный спектральный анализ.

Перечень определяемых компонентов в основном тот же, что и для литохимических проб. По мере детализации исследований этот перечень уточняется.

Информация обобщается теми же методами, что и при литохимических поисках: статистическими и графическими.

Первоначальной операцией обработки данных является определение фоновых содержаний элементов-индикаторов. Оно должно быть осуществлено для стандартных (сопоставимых) условий с учетом видов и частей растений, сроков опробования, геохимических ландшафтов и т.п.

Карты и профили (рис. 4.22, 4.23) составляются на геологической основе.

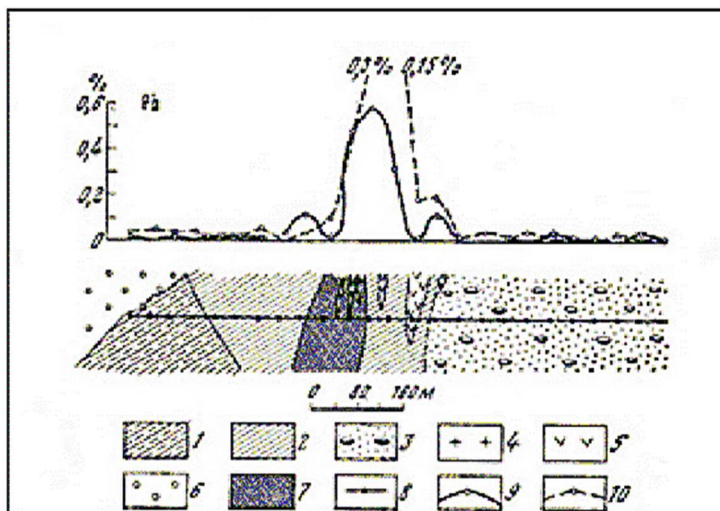


Рис. 4.22. Биогеохимический профиль через полиметаллическое месторождение (по Л. И. Грабовской):

- 1 — песчано-глинистые сланцы и роговики;
- 2 — осветленные песчано-глинистые сланцы;
- 3 — песчаники и конгломераты;
- 4 — гранит-порфиры;
- 5 — лампрофиры; 6 — аллювий;
- 7 — оруденелая тектоническая зона;
- 8 — пункты опробования березы;
- 9 — содержание свинца в листьях;
- 10 — содержание свинца в ветвях

Основными критериями отнесения аномалий к перспективным являются их геологическое положение и количественные параметры: интенсивность, протяженность, размер, продуктивность и прогнозные ресурсы основных рудных элементов.

Все перспективные аномалии должны быть осмотрены. На них следует провести контрольно-детализационное опробование по 1–3 профилям. При подтверждении перспективности аномалии на участке ее распространения проводятся детальные геофизические исследования и вскрытие скважинами или горными выработками, которые подвергаются глубинному литохимическому опробованию.

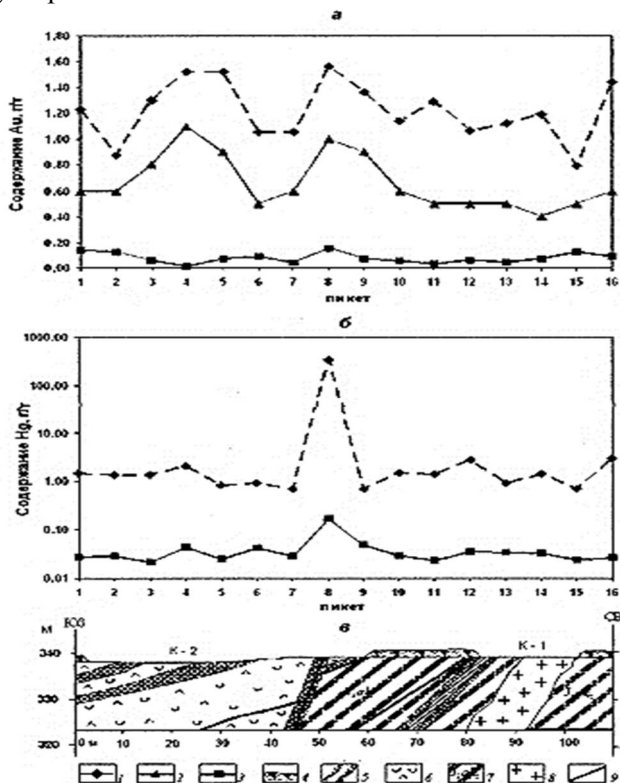


Рис. 4.23. Графики распределения содержаний Au (а) и Hg (б) в растениях, почве, коренных породах по геологическому профилю (в) рудопроявления Покровка-IV (Верхнее Приамурье) (по Д. В. Юсупову, 2009):

- 1 – рододендрон даурский (ветви с листьями); 2 – коренные породы;
- 3 – почвенный горизонт; 4 – почвенно-растительный слой и элювий;
- 5 – зоны с Au-Ag оруденением; 6 – туфы дацитов; 7 – алевролиты, аргиллиты; 8 – гранит-порфиры; 9 – разрывные нарушения

Круг и объем решаемых задач, многообразие и сложность объектов, количество определяемых компонентов, широкий диапазон их содержаний – все это привело к тому, что для решения геологических задач применяются практически все современные аналитические методы. По мере расширения и усложнения задач геологических исследований количество методик увеличивается. В настоящее время только в производственных аналитических лабораториях применяется более 400 методик.

Метрологические характеристики аналитических методов. Необходимым условием успешного проведения геохимических исследований является высокая степень надежности определения содержаний химических элементов. При оценке качества анализов используются следующие метрологические характеристики.

Достоверность – степень соответствия полученного содержания компонента в анализируемом веществе действительному.

Точность – качество анализа, отражающее близость его результатов к истинному значению определяемой величины.

Воспроизводимость методики анализа – рассеяние результатов анализа относительно их среднего значения. Различают внутрिलाбораторную и межлабораторную воспроизводимость.

Погрешность – разность между результатом определения и истинным содержанием определяемого компонента.

Правильность – качество анализа, отражающее близость к нулю систематических погрешностей в его результатах.

Систематическая погрешность – составляющая погрешности анализа, остающаяся при повторении анализа постоянной или закономерно изменяющейся и не устранимая путем усреднения результатов многократных определений. Она вызывается факторами, действующими одинаковым образом при повторении одних

и тех же определений, такими как отсев мелких фракций при отборе проб, неправильная калибровка прибора и т.п.

Случайная погрешность – это погрешность измерения, изменяющаяся случайным образом при повторных измерениях. Алгебраическая сумма случайных погрешностей стремится к нулю при увеличении числа измерений.

Грубая погрешность измерения – это погрешность измерения, которая существенно превышает ожидаемую при данных условиях. Ее источником является грубое нарушение условий проведения измерения. Например, заражение пробы посторонним материалом, проведение анализа с нарушением инструкции и т.п.

Систематические расхождения – достоверное отличие результатов анализа полученных одним методом (в одной лаборатории) в ту или иную сторону от результатов анализа, выполненных другим методом (в другой лаборатории).

При массовых геохимических исследованиях анализы проб по какому-либо участку проводятся в большинстве случаев не одновременно. В этом случае характеристикой случайных погрешностей является *погрешность воспроизводимости*, которая определяется на основе расхождений результатов анализа проб при первичных и повторных определениях, сдвинутых друг от друга во времени.

Предел обнаружения (порог чувствительности) – минимальная концентрация компонента, которая может быть обнаружена данным методом с принятой доверительной вероятностью.

Диапазон измеряемых содержаний – интервал содержаний определяемого компонента, для которого нормированы допустимые погрешности анализа.

Основные методы анализа. К аналитическим методам, используемым при массовых геохимических исследованиях, предъявляются следующие требования: а) высокая производительность; б) низкая стоимость; в) высокая воспроизводимость определения (случайная погрешность должна быть меньше природной дисперсии содержания химического элемента); г) высокая чувствительность (предел обнаружения химического эле-

мента должен быть ниже его среднего содержания в исследуемых природных объектах).

В настоящее время при анализе геохимических проб широко используются эмиссионный спектральный, атомно-абсорбционный, рентгеноспектральный, рентгенорадиометрический, нейтронно-активационный и другие методы.

Эмиссионный спектральный метод является самым распространенным при анализе геохимических проб. Он используется для определения содержаний элементов в коренных породах, рыхлых отложениях, золе растений, сухих остатках водных проб и отдельных минералах. Метод основан на изучении спектров свечения, возникающих при испарении вещества пробы в пламени электрической дуги. Спектр излучения фиксируется специальной оптической системой. Содержания химических элементов оцениваются по положению и интенсивности характеристических спектральных линий путем сравнения с эталонами.

Обычно при сжигании одной навески одновременно определяется 12–18 элементов. Этот анализ является полуколичественным, т.к. содержание обычно характеризуется некоторым интервалом значений, в котором находится определяемая величина, например 0,0n–0,n%.

Для спектрального анализа характерна невысокая точность и относительно плохая воспроизводимость. Однако его чувствительность по большинству определяемых элементов достаточно высока, что позволяет использовать этот метод при анализе геохимических проб, когда важны не столько абсолютные, сколько относительные показатели содержаний. Стоимость спектральных анализов невысока. Спектральным анализом определяются содержания Cu, Pb, Zn, Ni, Co, V, Be, Y, Rb, Cs, Bi, Nb, Mo, Ag и ряда других элементов. Не применяется спектральный анализ для определения особо тугоплавких и летучих элементов: W, Ta, Pt, Hg, As, Sb, Se, Te, а также породообразующих элементов, содержащихся в пробах в высоких концентрациях: Fe, Al, Ca, K, Na и др.

Атомно-абсорбционный метод основан на измерении спектров поглощения парами монохроматического света специального источника. Вещество пробы переводится в раствор, порция которого испаряется в пламени газовой горелки. Спектр

поглощения фиксируется оптико-электронной системой. Метод обеспечивает высокую чувствительность, точность и воспроизводимость, является достаточно производительным и относительно недорогим. Этим методом определяются содержания элементов первой половины таблицы Д.И. Менделеева (до атомного номера 40), легко переводимых в растворимую форму: Li, Na, K, Ca, Mg, Rb, Cs, Sr, Ba, Ti, Cr, Mn, Fe, Cd, In, Ga, Ge, Se, Te и др.

Рентгеноспектральный и рентгенорадиометрический методы анализа основаны на измерении спектральных характеристик рентгеновского излучения при облучении вещества рентгеновскими или гамма-лучами. Анализ проводится по навескам в твердой фазе, которые при анализе не расходуются, что позволяет по одной навеске проводить анализы многократно на разные элементы. Оба метода предназначены для определения содержаний элементов с относительно высокими атомными номерами (больше 40). Себестоимость анализа проб обоими методами при массовом производстве относительно невелика. Они широко применяются при анализе проб на Fe, Cu, Zn, Pb, Mo, Nb, Ta (оба метода), Cr, Mn, Sn, W, U и др. (рентгенорадиометрический).

Рентгено-флуоресцентный метод. В настоящее время является наиболее широко используемым методом определения главных и редких элементов в породах. Этим методом можно определить до 80 элементов при широком диапазоне концентраций – от 0,000001 до 100%.

Эмиссионная спектрометрия с индуктивно-связанной плазмой. Относительно новый вид анализа. Метод основан на использовании индуктивно-связанной плазмы в качестве источника ионов и масс-спектрометра для их разделения и детектирования; позволяет определять элементы с атомной массой от 7 до 250, т.е. от Li до U. Обычный прибор способен определить содержание от нанограммов на литр до 10–100 мг на литр. В отличие от атомно-абсорбционной спектроскопии, определяющей одновременно только один элемент, данный метод позволяет определять все элементы одновременно, что значительно ускоряет процесс измерений.

Нейтронно-активационный метод основан на измерении спектров гамма-излучения, возбуждаемого при облучении вещества пробы нейтронами в атомном реакторе. Метод является прецизионным по точности и чувствительности, но довольно дорог.

4.1.4. Геофизические методы поисков

Геофизические методы поисков применяются для выявления и оконтуривания аномальных физических полей, связанных с полезными ископаемыми. Они особенно эффективны при плохой обнаженности и большой глубине залегания тел полезных ископаемых, физические свойства которых заметно отличаются от вмещающих горных пород.

В большинстве случаев геофизические методы имеют вспомогательное значение, но при отсутствии прямых поисковых признаков позволяют более целенаправленно вести поисковые работы. При поисках твердых полезных ископаемых используются магнитометрические, электрометрические, радиометрические, ядерно-физические методы, в меньшей степени – гравиметрические, сейсмические, акустические.

Выполнение работ геофизическими методами регламентируется инструкциями по соответствующим видам исследований.

Многие геофизические методы могут быть реализованы в наземном (пешеходном, автомобильном), дистанционном (аэрокосмическом), глубинном (в скважинах, горных выработках) вариантах.

Магнитометрические методы

Магнитометрические методы используются в воздушном, наземном и скважинном вариантах для выявления руд, обладающих высокой магнитной восприимчивостью.

Магнитометрия высокоэффективна при поисках месторождений магнетитовых руд. Интенсивные магнитные аномалии рассматриваются как прямой поисковый признак.

В благоприятных условиях она может быть эффективна при поисках месторождений медно-никелевых, хромовых, титаномагнетитовых (коренных и россыпных), слабомагнитных железных руд. В особо благоприятных условиях магнитометрия

может быть использована при поисках месторождений бокситов, а также россыпей золота и платины, в которых присутствует большое количество магнетита, являющегося минералом тяжелой фракции.

На месторождениях магнетитовых руд каротаж магнитной восприимчивости (КМВ) является важнейшим методом скважинной геофизики. С его помощью в рудах определяются содержания железа, связанного с магнетитом. Магнитометрия также широко используется при геологосъемочных работах. Во всех случаях магнитометрические методы поисков наиболее эффективны, когда вмещающие комплексы сложены слабomagнитными породами.

Электрометрические методы

Электрометрические методы успешно применяются при поисках сульфидных месторождений разнообразных генетических типов, оловянных, некоторых типов углей, графита. Большое число модификаций электрометрических методов связано с использованием: 1) широкого диапазона частот; 2) естественных и искусственных источников тока.

Наиболее широкое применение получили методы: естественного поля (ЕП), переходных процессов (ПП), вызванной поляризации (ВП), вертикального электрического зондирования (ВЭЗ), а также методы каротажа: каротаж сопротивлений (КС) и самопроизвольной поляризации (ПС).

Метод ЕП основан на изучении естественного потенциала и градиента потенциала. Наилучшие результаты он дает при поисках месторождений сульфидных руд, графита, картировании пиритизированных и графитизированных пород. Применяется на стадии поисково-съемочных и детализационных работ в масштабах 1:50000 и крупнее. Глубинность метода до 100 м.

Метод ПП заключается в изучении неустановившегося электромагнитного поля после отключения электрического тока. На раннем этапе развития метод переходных процессов применялся для поисков хорошо проводящих электрический ток массивных сульфидных руд и при картировании графитизированных пород.

В результате развития измерительной техники и совершенствования программно-математического обеспечения круг решаемых задач значительно расширился. В настоящее время метод ПП используется и для решения других задач: картирование осадочных разрезов до глубины 1000 м; поиски и разведка месторождений подземных вод; поиски и разведка кимберлитовых трубок.

Главное достоинство метода – индуктивный способ возбуждения и приема поля, который обеспечивает возможность его применения в зимних условиях, на площадях развития многолетней мерзлоты и высокоомных поверхностных отложений.

Метод ВП основан на измерении разности потенциалов между измерительными электродами во время прохождения тока через землю и после его отключения. Высокие значения поляризуемости (40–60%) рудных электропроводящих минералов, таких как сульфиды железа, меди, никеля, а также магнетита и графита, определяют сферы применения метода ВП. Даже редкая вкрапленность таких минералов, составляющая лишь несколько процентов от общего объема породы, обуславливает высокие значения поляризуемости породы (10–20%).

Метод успешно применяется при поисках месторождений черных (железо, марганец, хром, титан), цветных (медь, свинец, цинк, никель), редких (олово, вольфрам, молибден, ртуть) и благородных металлов (золото, платина).

Несмотря на то что осадочные ионопроводящие породы характеризуются относительно низкими (0,5–3%) значениями поляризуемости, они хорошо дифференцируются методом ВП. Это обусловлено тем, что различные литологические разновидности пород создают различные частотные и временные характеристики поляризуемости. Поэтому метод ВП давно и успешно применяется для решения гидрогеологических и инженерно-геологических задач, основными из которых являются: определение глубины залегания уровня грунтовых вод; литологическое расчленение толщ рыхлых осадочных пород с последующим выделением водоносных и водоупорных горизонтов; выявление зон повышенной трещиноватости в массивах скальных пород; картирование рельефа региональных водоупоров.

Метод ВЭЗ заключается в измерении ρ_k (кажущегося сопротивления) в зависимости от разносов питающих и измерительных электродов. Метод широко используется для определения мощности рыхлых отложений. Метод вертикального электрического зондирования (ВЭЗ) предназначен для изучения слоистых толщ по вертикали, определения мощностей и удельных сопротивлений отдельных горизонтов при горизонтальных или слабонаклонных границах с углами падения не более 15–20°.

В последние годы метод ВЭЗ начали использовать и для изучения более сложных разрезов. Метод ВЭЗ применяется при региональных структурных исследованиях. При этом наиболее благоприятными для использования метода являются пологие платформенные структуры. С помощью метода ВЭЗ производится картирование рельефа метаморфических и изверженных пород складчатого основания платформ, перекрытых хорошо проводящими осадочными породами. Однако следует иметь в виду, что решение этой задачи возможно лишь на участках платформ, в пределах которых складчатое основание залегает на глубинах не более 500–1000 м. При больших глубинах возникают многочисленные искажения.

Метод ВЭЗ часто используется при поисках рудных месторождений, особенно в тех случаях, когда изучаемые объекты содержат минералы с электронной проводимостью. С помощью ВЭЗ, например, были выявлены и закартированы участки, перспективные на обнаружение медноколчеданных и полиметаллических руд на Южном Урале и в Забайкалье. Рудные тела на геоэлектрических разрезах выделяются локальными зонами пониженных сопротивлений.

При поисках и разведке месторождений каменного угля метод ВЭЗ является одним из основных. Он особенно эффективен на месторождениях полуантрацита и антрацита, что обусловлено тем, что ρ_k антрацита существенно ниже по сравнению с вмещающими породами. Несколько худшие результаты метод дает при поисках и разведке бурых и тощих каменных углей. Это связано с меньшей дифференцированностью по значениям ρ_k углей и вмещающих пород.

Метод ВЭЗ широко применяют при поисках аллювиальных россыпных и песчано-гравийных месторождений. Основ-

ной предпосылкой использования метода ВЭЗ является то, что породы коренного ложа долин обычно отличаются от рыхлых аллювиально-делювиальных отложений повышенным сопротивлением.

При поисках месторождений бокситов с помощью метода ВЭЗ картируют зоны, имеющие повышенную мощность погребенной коры выветривания, с которой генетически связаны промышленные запасы бокситовых руд. Наиболее мощные (5–60 м) залежи бокситов сосредоточены в нижних частях элювия. Элювий, залегающий на высокоомных материнских породах, обычно характеризуется пониженными значениями ρ_k .

Метод ВЭЗ широко используется при инженерно-геологических и гидрогеологических исследованиях. С его помощью осуществляют картирование рельефа пород, служащих основанием для инженерных сооружений, изучают трещиноватость и закарстованность пород, ведут поиски водоносных толщ и структур и т.п.

Метод КС основан на измерении удельного кажущегося сопротивления ρ_k горных пород. Каротаж сопротивления — основной метод электрического каротажа скважин, в основе которого лежит различие удельного электрического сопротивления горных пород и полезных ископаемых. Измерения удельного кажущегося сопротивления (ρ_k) производятся с помощью каротажного зонда, опускаемого в скважину на каротажном кабеле.

Метод КС позволяет производить литологическое расчленение разреза, выделять нефтеносные и газоносные пласты, пласты угля, руд, каменных солей, определить глубину их залегания, мощность и строение. Применяется, как правило, в комплексе с другими методами каротажа.

Метод ПС заключается в регистрации разности потенциалов между неподвижным электродом, находящимся у устья скважины и электродом, перемещаемым по стволу скважины. Метод ПС является одним из основных электрических методов при исследовании разрезов нефтегазовых скважин. Он включен также в обязательный комплекс исследований инженерно-геологических и гидрогеологических скважин. Для изучения рудных и угольных скважин используются также методы гальванических пар (МГП) и электродных потенциалов (МЭП).

Радиометрические методы

Основаны на выявлении и изучении радиационных аномалий в приземном слое атмосферы, на земной поверхности, в буровых скважинах, горных выработках, а также радиоактивных газов в подпочвенном слое (эманационная съемка – атмосферический метод поисков). Сущность метода заключается в измерении суммарного γ -излучения или дифференциальной регистрации его в определенных интервалах энергии частиц.

Глубинность проникновения γ -лучей в горных породах не превышает 1 м. Однако за счет разрушения вторичных ореолов рассеяния она оказывается больше – 10 м и более.

По условиям применения радиометрические методы подразделяются:

- на аэрометрические;
- наземные (автомобильные и пешеходные);
- глубинные (в шпурах, скважинах, горных выработках).

Измерение радиоактивности ведется с помощью радиометров и гамма-спектрометров.

Гамма-картаж (ГК) является одним из основных видов геофизического исследования скважин. Он используется при поисках, разведке и опробовании урановых, ториевых руд и других полезных ископаемых, ассоциирующих с U и Th (например, калийных солей, калиевых слюд, редких металлов); литологического расчленения разрезов, определения глинистости нефтяных коллекторов.

Радиометрические методы применяются при поисках месторождений U, Ra, Th, а при благоприятных условиях – P, Ta, Nb, TR и др.

Радиометрическая съемка с использованием радиометров проводится одновременно с геологосъемочными маршрутами (так называемые массовые поиски) при средне- и крупномасштабном геологическом картировании. Горные породы часто отличаются друг от друга по степени естественной радиоактивности. Применение радиометрии позволяет более объективно устанавливать положение контактов и картировать площади распространения литолого-петрографических разновидностей горных пород. Некоторые породы и руды, будучи в чистом виде

нерадиоактивными, могут накапливать радионуклиды. Это свойство, в частности, характерно для бурых железняков, фосфоритов, бурого и каменного угля, торфа, битума, редкометалльных грейзенов, пегматитов и др. Например, месторождения бурых железняков Зигазино-Комаровского рудного района (Южный Урал) четко фиксируются положительными урановыми аномалиями даже при аэрогаммасъемке. Рудные поля месторождений редких металлов в некоторых гранитных массивах выделяются слабыми аномалиями тория благодаря присутствию торийсодержащих минералов, прежде всего монацита (ThPO_4), а также ортита и др.

Повышенная радиоактивность характерна для высококалийных пород (вследствие присутствия тяжелого изотопа калия). По материалам гамма-спектрометрических съемок уверенно выделяются зоны калиевого метасоматоза, практически всегда сопровождающие зоны разнообразного золотого оруденения (золото-кварцевого, золото-сульфидного, золото-серебряного, золото-антимонитового), а также залежи калийных солей. Некоторые месторождения золота, в том числе крупные и гигантские объекты в Средней Азии и в Восточной Якутии сопровождаются не только калиевыми, но и ториевыми аномалиями за счет разветвения в околорудных метасоматитах монацита.

Как отмечено выше, глубинность наземных радиоактивных методов обычно ограничена несколькими метрами. Однако при благоприятных литолого-структурных обстановках залежи урана могут создавать радиоактивные аномалии при глубине залегания до нескольких сотен метров. Это часто обусловлено восходящими потоками радоновых вод, связанных с урановыми рудами, которые по зонам повышенной трещиноватости мигрируют к земной поверхности. Такие аномалии в виде линияментов северо-восточного простирания, в частности, фиксируются по материалам аэрогаммасъемки в башкирской части Предуральяского прогиба. Это позволяет прогнозировать здесь скрытые месторождения урана.

Ядерно-физические методы

Ядерно-физические методы основаны на регистрации наведенных γ - и нейтронных полей, возникающих при возбуж-

дении атомов под влиянием искусственных источников ионизации. Известно несколько десятков модификаций ядерно-физических методов, однако большинство из них реализовано лишь для стационарных условий (анализов проб).

Рентген-радиометрический метод (автомобильный и скважинный варианты) применяется при поисках месторождений тяжелых металлов: Pb, Zn, Mo, Sb, Hg, Bi и др.

Нейтронно-активационный метод (те же варианты) используется при поисках месторождений флюорита, бокситов, меди, марганца и др.

Нейтронный гамма-каротаж (НГК) – радиоактивный каротаж, основанный на измерении характеристик гамма-излучения, сопровождающего поглощение нейтронов в горных породах при их облучении внешним источником нейтронов. Интенсивность вызванного гамма-излучения зависит от замедляющих и поглощающих свойств среды: от содержания водорода и хлора. Чем выше содержание водорода в горной породе, тем ниже показания НГК. Плотные непроницаемые пласты и пропластки отмечаются наиболее высокими показаниями.

Наведенная радиоактивность позволяет с помощью современных приборов (рентгено-радиометрических, рентгено-флуоресцентных) достаточно точно определять содержания большинства элементов таблицы Д.И. Менделеева. Поэтому эти приборы широко используются для экспресс-анализа геохимических и рудных проб. «Глубинность» методов ограничена зоной контакта с анализируемым образцом.

Ядерно-физические поисковые методы широко применяются при геохимических исследованиях. Они включают гамма-нейтронную (фотонейтронную), нейтронно-активационную и рентгено-радиометрическую разновидности. Методы используются для определения элементов-индикаторов оруденения в рыхлых отложениях и в коренных породах.

Разработано несколько модификаций пешеходных рентгенометрических поисков на ряд элементов-индикаторов руд благородных, цветных и редких металлов: Cu, Ag, Bi, Pb, W, As, I, Zr, Nb, Mo, Sn, Zn. Для возбуждения рентгеновской люминесценции элементов горных пород используются радиоизотопные источники ионизирующих излучений: ^{241}Am для возбуждения

Ag, Sb, Sn и ^{109}Cd для остальных вышеперечисленных элементов. Для регистрации излучения используются рентгенорадиометрические анализаторы типа РПС4-0,1. Они применяются для исследования обнажений и отдельных образцов.

Комплексирование геофизических методов поисков

По объективным причинам ни один из геофизических методов не дает полных и достоверных результатов. Поэтому одиночно их применять нецелесообразно. Обычно на одном и том же объекте сразу реализуется несколько методов. Комбинируя полученную с их помощью информацию, можно более достоверно «расшифровать» геологические особенности изучаемой части недр.

Ниже приведены два примера, иллюстрирующие некоторые особенности решения геологических задач на основе комплексных геофизических исследований скважин.

На рис. 4.24 изображен разрез скважины, вскрывшей пласт бокситов, залегающий среди карбонатных пород. Разрез изучен с помощью четырех видов каротажа: ГК, КС, ПС и НГК. Положение пласта бокситов отчетливо фиксируется всеми видами каротажа. Повышенная интенсивность гамма-излучения бокситов по сравнению с вмещающими карбонатами установлена методом ГК. Метод КС прекрасно отбивает пласт бокситов, характеризующихся пониженным электрическим сопротивлением, особенно его кровлю. Бокситы имеют повышенную поляризуемость, что отчетливо следует из диаграммы каротажа методом ПС. Пониженные значения показаний НГК в бокситовом пласте соответствуют широко известному факту присутствия в них повышенных концентраций водорода: бокситы в больших количествах содержат гидроксид алюминия.

На рис. 4.25 приведен более сложный вариант интерпретации результатов ГИС. Скважина изучена с помощью четырех методов каротажа: КС (метод кажущего сопротивления); ГГП-П (гамма-гамма-каротаж плотностной), ГК (гамма-каротаж) и КМ (кавернометрия). На основе сравнительного анализа диаграмм каротажа необходимо найти глубину залегания угольных пластов.

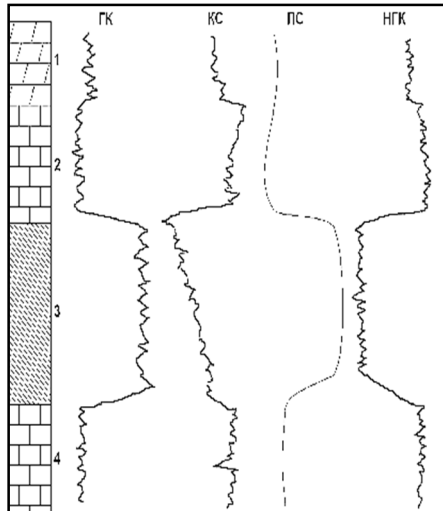


Рис.4.24. Выделение пласта бокситов комплексом методов ГИС
(по И. Г. Сквородникову): 1 – мергели; 2 и 4 – известняки; 3 – бокситы

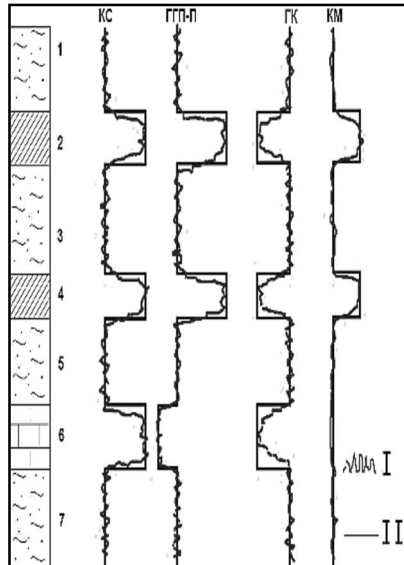


Рис. 4.25. Выделение угольных пластов комплексом методов ГИС
(по И. Г. Сквородникову):

I — наблюдаемая кривая; II — теоретическое поле

1, 3, 5, 7 — суглинки; 2 и 4 — каменный уголь; 6 — известняки

Из диаграммы КС следует, что этот метод каротажа не позволяет отличить каменный уголь от известняков, поскольку обе породы имеют примерно одинаковые значения сопротивлений. Привлечение материалов плотностного каротажа ГПП-П позволяет сразу же выявить различия между каменным углем и известняками: каменный уголь имеет повышенные, а известняки, напротив, пониженные значения определяемой характеристики. Простой ГК фиксирует изменение интенсивности гамма-излучения, которое обычно хорошо отражает степень глинистости горной породы. Поскольку в угольных пластах и в известняках глина практически отсутствует, показания ГК в них имеют пониженные значения. Для сравнения приведена также диаграмма кавернометрии (КМ). Методом КМ измеряется диаметр скважины. В интервалах распространения каменного угля диаметр скважины оказался увеличенным. Это обусловлено тем, что каменный уголь, обладающий повышенной хрупкостью, при бурении разрушается более интенсивно по сравнению с плотным известняком. В известняках каротажная диаграмма КМ разрушения стенок скважины не зафиксировала.

4.1.5. Экзотические методы поисков

Месторождения полезных ископаемых во все времена привлекали к себе особое внимание вследствие их большой значимости в разнообразной деятельности человека. Открытие месторождений представляет собой весьма сложную задачу, к решению которой привлекаются самые разнообразные методы поисков.

Методы поисков отличаются друг от друга тем, что каждый из них основан на изучении того или иного свойства месторождения: особенностей строения, условий залегания, вещественного состава, условий образования и др. Однако ни один из известных методов не может претендовать на универсальность.

По этой причине к открытию месторождений обычно привлекается целый комплекс поисковых методов.

На разработку новых и совершенствование известных методов поисков всегда обращалось особое внимание. В результате этого появились совершенно необычные, нетрадиционные методы, которым можно присвоить название экзотических, поскольку в их основе лежат свойства месторождений, которые при традиционных исследованиях не изучаются. К таким методам в первую очередь следует отнести биолокационный и геокинологический.

Биолокационные методы поисков

На протяжении столетий в разных странах с помощью биолокации обнаруживались *геопатогенные зоны*. История этого древнего искусства уходит вглубь веков. С давних времен во всех странах мира были люди, обладавшие способностью находить спрятанные в земле клады, полезные ископаемые, искать места для рытья колодцев и многое другое. Для этого они пользовались простым приспособлением – раздвоенным прутом, веткой лозы, которая своим движением помогала *лозоходцу* в его поиске (рис. 4.26).



Рис. 4. 26. Лозоходец.
Гравюра XVI в.

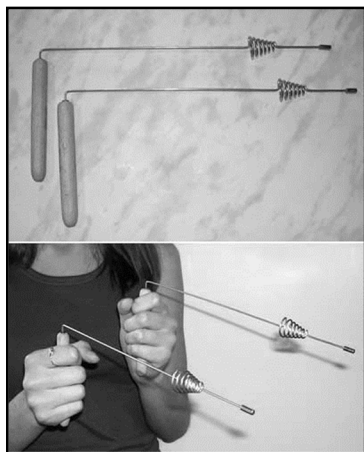


Рис. 4.27. Индикатор-рамка



Рис. 4.28. Маятники для биолокации

Под биолокацией принято понимать способность человека определять наличие каких-либо объектов, предметов в пространстве с помощью простого индикатора-рамки (рис. 4.27) или маятника-груза на нити (рис. 4.28).

Несмотря на обилие публикаций и не снижающийся интерес к рассматриваемой проблеме, биолокация при поисках месторождений практически не применяется. Это следует также и из нормативных документов, регламентирующих методику прогнозирования и поисков месторождений полезных ископаемых. Причина этого, очевидно, кроется в том, что методу биолокации присущи элементы субъективизма. Далек не каждому геологу от природы даны экстрасенсорные способности, необходимые для реализации метода.

Явление биолокации состоит в том, что у одаренных людей (до 10% населения) зажатая в руке рамка из проволоки или раздвоенная ветка отклоняются и даже вращаются при прохождении человека по земле, где находятся подземные водные потоки, залежи руды, карстовые пещеры, клады и другие объекты. Бурение, проводимое в этих местах для контроля, или прямые раскопки часто подтверждают способность людей находить то, что скрыто в земле. Биолокационным методом выявляются также геопатогенные зоны и геологические разломы. Долгое время

биолокация не признавалась и считалась ненаучным методом исследования, основанным на интуиции, на рефлекторной реакции человека, случайно находящего ископаемый объект. Со временем отношение к ней изменилось, поскольку ее эффективность была показана во многих работах.

Но самым существенным недостатком метода является сложность метрологического обеспечения наблюдений (проведения контрольных наблюдений) и количественной оценки выявляемых объектов. Это создает проблемы при их геолого-экономической оценке.

Геокинологический метод поисков

Геокинологический метод – это метод поисков полезных ископаемых с использованием специально обученных для этих целей собак.

Известно, что запах, издаваемый некоторыми минералами (самородный мышьяк, пирротин, пирит, арсенопирит и др.), особенно при ударе или расколе, указывает на присутствие их в породе. Улавливает этот запах даже человек. У собак же обоняние значительно острее. Именно эта особенность собак привела к разработке геокинологического метода поисков месторождений.

Располагая таким чутким «прибором», как обонятельный орган собаки, геологи пришли к мысли о возможности использования его для обнаружения руд и минералов. Его эффективность особенно высока в условиях, когда рудные тела не выходят на поверхность и скрыты наносами рыхлых отложений. Конечно, геологам удобнее было бы иметь на вооружении не собак, а портативные приборы, которые фиксировали бы различные запахи с большей чувствительностью и точностью, чем собаки. Но пока таких приборов нет, в определенных условиях возможно использовать и рудорозыскных собак.

Первыми привлекли собаку для поисков рудных валунов геологи Финляндии. На протяжении трех лет немецкая овчарка по кличке Лари дрессировалась по методике минно-розыскной службы на поиск рудных валунов. В 1965 г. на участке площадью 3 км² она нашла 1330 рудных валунов, в то время как специально обученный человек только 270. В России разработкой геокинологического метода поисков полезных ископаемых за-

нимались в Институте геологии Карельского филиала АН совместно с Институтом высшей нервной деятельности и нейрофизиологии АН СССР в 1966–1978 гг. Была доказана возможность поисков с помощью рудорозыскных собак медных, никелевых, бериллиевых, вольфрамовых и других руд. В принципе можно выдрессировать собак на поиск любых руд, минералов и веществ.

Несколько лет назад исследования в этом направлении были возобновлены. Тендер на выполнение работ в этом направлении, включая подготовку первой группы собак-рудознатцев, выиграла иркутская фирма «КИНОГЕОПОИСК». Исследования выполняются недалеко от Иркутска, где имеется специально оборудованная для этих целей база.

Рудорозыскные собаки обнаруживают рудные валуны на поверхности земли и рудные тела под землей до глубины 12 м. Они выявляют рудные тела по запаху как на сухих возвышенных, так и на заболоченных участках, в сухое летнее, дождливое осеннее и в зимнее время, когда земля покрыта 40–50-сантиметровым слоем снега, а болота скованы льдом. Проверена возможность работы с собаками следующих пород: немецкая овчарка, оленегонная лайка, доберман, фокстерьер, боксер, спаниель, метис овчарки с лайкой и дворовая беспородная.

Выяснилось, что разные породы собак способны выявлять разные полезные ископаемые: восточноевропейские овчарки – черные металлы, терьеры — цветные металлы, а российская дворовая оказалась единственной собакой, способной выявлять золото. Причем делает она это весьма успешно. Образцы руды с видимым золотом собака безошибочно находит на глубине до 0,5–0,8 м. Образцы с микроскопическим золотом обнаруживает в 80% случаев на глубине 0,4–0,7 м. По словам специалиста по дрессировке, российская дворовая собака весьма сообразительна и легко обучается.

Подготовка рудорозыскной собаки начинается с общего курса дрессировки. Он почти полностью соответствует общему курсу дрессировки собак для розыскной службы. К специальным навыкам рудорозыскных собак относятся: поиск руды при маршрутной съемке; поиск рудных валунов; отбраковка геологических проб (выборка минералов по их запаху). На первом

этапе дрессировки у собаки необходимо выработать реакцию на запах конкретной руды. Приучение собаки к запаху минерала (руды) имеет цель выработать у нее навыки оповещения дрессировщика об обнаруженном запахе посредством лая и посадки. Условными раздражителями при выработке этого навыка является команда «Нюхай!», при маршрутной съемке, кроме того, это команда «Вперед!» и направляющий жест руки. Вспомогательным является условный раздражитель — «Хорошо!», а безусловным — лакомство и поглаживание собаки.

Быстрее всего на поиски руд переключаются собаки, предварительно прошедшие общий и специальные курсы дрессировки. При прохождении общего курса у собак вырабатываются навыки, обеспечивающие управление их поведением, воспитывается необходимое послушание. При дрессировке по специальному курсу у рудорозыскных собак на основе хорошо развитого обоняния вырабатывается навык реагировать на запах руды, обнаруживать во время движения место источника запаха и оповещать об этом дрессировщика. Выработанные у собаки условные рефлексы и навыки должны закрепляться и совершенствоваться постоянной тренировкой. Эффективность использования служебных собак во многом зависит от их правильного содержания, ухода и кормления.

Как и биолокационный, геокинологический метод широкого распространения в геологической практике не получил. В действующих нормативных документах по прогнозированию и поискам месторождений он отсутствует. Очевидно, что причиной этого является то, что под результаты «собачьих» исследований трудно подвести количественную основу. Рудорозыскные собаки фактически фиксируют лишь сам факт наличия руды. Причем конкретная собака реагирует на ограниченное число полезных ископаемых. Информацию о количестве, качестве и глубине залегания обнаруженного собакой полезного ископаемого геолог по результатам таких исследований получить не может.

4.1.6. Горно-буровые методы поисков

Поиски месторождений обязательно сопровождаются горно-буровыми работами, задачами которых являются: 1) проверка данных, полученных другими методами; 2) вскрытие полезного ископаемого для выяснения его минерального состава, качества и условий залегания; 3) частичное прослеживание тел полезных ископаемых.

Выбор способов вскрытия определяется мощностью перекрывающих пород. При мощности наносов до 0,5 м применяются расчистки, от 0,5 до 3–5 м – каналы и мелкие шурфы.

Каналы задаются вкрест простирания рудных тел. Их длина чаще не превышает 30–40 м. Если ширина выхода объекта изучения больше этих величин, проходятся или магистральные длиной до 500–600 м, или пунктирные каналы. Пунктирные каналы представляют собой совокупность частных каналов, пройденных на одной поисковой линии, причем каждая частная канава отделена от соседней невскрытым интервалом. В таком виде расположение каналов на поисковой линии напоминает пунктирную линию. Поперечное сечение каналов – прямоугольное или трапециевидное, ширина у основания 0,6–1,0 м, глубина до 2,5–3,0 м. Каналы должны вскрывать коренные породы не менее чем на 0,5 м. Траншеи обычно проходятся до глубины 5–6 м. При замене каналов траншеями всегда следует иметь в виду, что стоимость проходки траншей существенно выше стоимости проходки каналов.

При мощности наносов более 3–5 м проходятся шурфы, реже дудки. Поперечные сечения шурфов при глубине до 20 м принимают равными 1,25; 1,65; 2,0 м², при глубине до 40 м – 4 м².

Вскрытие на крутых склонах можно производить штольнями с площадью поперечного сечения до 2 м².

Скважины применяют для вскрытия тел полезных ископаемых, перекрытых мощными толщами пород. При углах падения минерализованных зон менее 45° бурятся вертикальные скважины, при углах падения более 45° — наклонные скважины. При этом обязательным требованием является то, чтобы угол встречи скважины с телом полезного ископаемого составлял не менее 30°. Глубина скважин на стадии поисковых работ обычно

не превышает нескольких десятков (иногда первых сотен) метров. Скважины задаются со стороны висячего бока залежи. Их длина должна обеспечивать полное пересечение залежи плюс «перебур» до 3–5 м вмещающих пород лежачего бока.

Горные выработки и скважины задаются на поисковых профилях (линиях). Создается до 3–5 профилей, которые ориентируются вкрест простирания минерализованной зоны. По мере детализации объемы горно-буровых работ увеличиваются.

4.2. Дистанционные методы поисков

Под дистанционными методами понимается комплекс исследований физических полей Земли, выполняемых при помощи приборов, находящихся на космических и воздушных носителях. С их помощью можно получать информацию о строении земной поверхности, верхней части литосферы, о природных и техногенных объектах и процессах, проводить повторные наблюдения для организации мониторинга. В большинстве дистанционных методов автоматически регистрируются параметры *собственного или отраженного электромагнитного* излучения природных ландшафтов и искусственных (техногенных) объектов.

В геологии применяются самые разнообразные дистанционные методы, которые делятся на несколько типов в соответствии с тем, какую часть спектра (диапазон) электромагнитного поля они используют. Выделяют следующие основные диапазоны электромагнитного излучения (длины волн):

- гамма-излучение (<0,01 нм);
- рентгеновское излучение (0,01–10 нм);
- ультрафиолетовое излучение (10–400 нм);
- оптическое излучение или видимый спектр (400–700 нм);
- инфракрасное излучение (700 нм–200 мкм);
- радиоизлучение (>200 мкм).

К дистанционным относятся также аэромагнитные и аэро-радиометрические съемки.

Аэро- и космфотосъемка. В геологии наиболее широко используются материалы дистанционных исследований, на ко-

торых отражается видимая часть спектра исследуемого объекта. Съемку, выполняемую с искусственных спутников Земли (высота первые сотни километров), называют космофотосъемкой (КС), а с самолетов и вертолетов – аэрофотосъемкой (АФС). В зависимости от высоты, с которой сделана аэрофотосъемка, ее принято подразделять:

- на высотную (5–10 км);
- стандартную (1–5 км);
- низковисотную (100–300 м).

Изготавливаются аэрокосмические снимки трех видов:

1. *Черно-белые* – местность на них изображается в оттенках серого цвета. Это позволяет избежать излишней пестроты изображения территории, сохранив при этом фототон (интенсивность серого цвета) и фактуру изображения.

2. *Цветные* – на них отражается естественный цвет фотографируемой поверхности.

3. *Спектрональные*, представляющие собой разновидность цветных снимков, получаемых с применением набора фильтров. Снимки представляют собой синтез изображений, полученных из различных частей спектра, каждой из которых присвоен определенный цвет. Эти снимки отличаются неестественной цветовой раскраской, повышенной контрастностью и разрешающей способностью. Используемые технологии позволяет совмещать и комбинировать изображения снимаемых поверхностей в различных частях видимого спектра.

Одним из главных достоинств аэрокосмофотоснимков является их документальность, т.е. точное и объективное отображение естественных и искусственных объектов на земной поверхности. Физической основой фотосъемок является изучение отраженного электромагнитного излучения. Информация о строении ландшафтов и земной поверхности зависит от их *отражающей способности, характера поглощения и рассеяния электромагнитного излучения*, вида природных и техногенных объектов, растительности, типов горных пород, их электромагнитных и тепловых свойств.

Всем дистанционным методам, при использовании которых фиксируется изображение местности в видимом диапазоне спектра, присущ ряд ограничений. Они могут использоваться

только в дневное время и в ясную погоду. Кроме того, давая информацию исключительно о земной поверхности, они характеризуют нижезалегающие толщи горных пород только по опосредованным признакам, которые находят свое отражение в морфологии рельефа, цвете, характере растительного покрова и в других ландшафтных особенностях. Таким образом, сведения о пространственном залегании горных пород и свойствах верхней части литосферы оказываются весьма условными.

Телевизионная съемка (ТС) используется для изучения солнечного электромагнитного излучения, отраженного от земных ландшафтов. Она выполняется с помощью специального приемника с электронным сканированием телевизионного изображения местности. Получаемый растровый снимок большой обзорности или цифровую информацию можно визуализировать на экране дисплея. ТС имеет более низкое разрешение по сравнению с КФС или АФС. Однако в отличие от КФС телевизионная съемка обладает более высокой обзорностью и большей генерализацией объектов. Поэтому ТС используется как фоновая основа для выявления крупных региональных структур или объектов, определение которых по данным КФС затруднено.

Инфракрасная съемка (ИК), в аэроварианте тепловая аэросъемка (ТАС), осуществляется с помощью сканирующей аппаратуры (тепловизоров). *Инфракрасное излучение* как носитель информации близко к световому изображению. Поскольку тепловое излучение тел непосредственно связано с их энергетическим состоянием, оно указывает на температуру и размеры источника. Интенсивность и спектральный состав излучения зависят не только от температуры, но и от электромагнитных и тепловых свойств почв, грунтов и горных пород, на которые направлен объектив тепловизора. Эти особенности ИК-излучения позволяют выявлять природу источников, в том числе обусловленных глубинными процессами, что не удастся при дешифрировании фото- и телеизображений земной поверхности, полученных в видимом диапазоне спектра.

Выделяют две группы задач, решаемых при помощи тепловой съемки. Первая группа связана с изучением аномального температурного поля областей современного вулканизма, зон распространения термальных вод и термального (естественного

или техногенного) загрязнения геологической и водной среды. Ко второй группе относится изучение теплового поля, формирующегося за счет солнечной радиации, результат которого можно использовать для региональных геологических и эколого-геологических исследований. Особенно эффективен сравнительный анализ материалов ИК-съемок, сделанных в разные сезоны года, ночных и дневных, т.е. когда меняется температура земной поверхности.

Радиолокационная съемка (РЛ) основана на изучении радиоволнового диапазона электромагнитного спектра. Она подразделяется на пассивную (радиотепловую) и активную (радиолокационную).

Радиотепловая съемка во многом аналогична ИК-съемке, но отличается существенно меньшей разрешающей способностью. С ее помощью выделяются термические аномалии, охватывающие большие площади, по которым удается получать усредненные показатели температурного поля.

При радиолокационных (радарных) съемках изучается способность объектов земной поверхности отражать радиопульсы. Интенсивность отраженного сигнала определяется электромагнитными свойствами поверхностных отложений, к которым относятся их диэлектрическая проницаемость и электропроводность, в свою очередь зависящие от влажности. Разрешающая способность радарного изображения зависит от длины волны используемого сигнала. Характер изображения определяется шероховатостью растительного покрова, микро- и макрорельефом. В реальных условиях отражение оказывается полурассеянным, что обусловлено множеством хаотично расположенных неровностей земной поверхности, имеющих размеры, соизмеримые с длиной волны радиоимпульсов.

Радиолокационные съемки позволяют обнаруживать разрывные нарушения, определять состав пород, степень их увлажненности, картировать участки развития и деградации мерзлоты. В условиях развития пород, имеющих низкую электропроводность, радиолокационное зондирование может осуществляться на глубину в несколько десятков метров.

Ультрафиолетовая и лазерная (лидарная) съемки используются преимущественно для контроля загрязняющих ком-

понентов приземных частей атмосферы, для оценки воздействия промышленных объектов, территорий урбанизации и сельскохозяйственной деятельности на окружающую среду. Чаще всего в качестве индикаторов применяются датчики, использующие лазерное излучение, так называемые лидеры (лазерные сенсоры).

С помощью лазерного луча, усиливающего эффект люминесценции аэрозольного и газового загрязнения атмосферы, проводится спектральный анализ загрязняющих веществ. При этом лидеры позволяют обнаруживать излучение, создаваемое «мишенью», в диапазоне частот, отличном от частоты лазера. Спектральный анализ "мишени" выполняется с практически абсолютной точностью, т.е. он способен обнаруживать отдельные атомы загрязняющих веществ.

В настоящее время созданы лидарные станции (комплексы), которые устанавливаются на воздушных носителях, на высотных зданиях и мачтах, на передвижных наземных носителях. Так, например, для контроля аэрозольных и газовых компонентов атмосферы урбанизированных территорий используется трехканальная лидарная станция. В видимом диапазоне частот контролируется аэрозольный компонент; ультрафиолетовый канал предназначен для контроля загрязняющих газов SO_2 , NO_2 , O_3 ; ИК-канал обеспечивает контроль концентрации NH_3 , C_2H_4 и O_3 .

Лазерный мониторинг позволяет следить за эволюцией и разрушением озонового слоя, контролировать кислородно-азотный баланс в атмосфере, оценивать содержание вредных аэрозольных и газовых компонентов в ее приземной части. По данным лидарных исследований можно определять вклад конкретных источников техногенного воздействия в загрязнение атмосферы, выявлять роль воздушного канала в переносе загрязняющих веществ на исследуемой территории, устанавливать, каково влияние этих веществ на экологическое состояние верхней части литосферы и гидросферы.

Аэрогамма-съемка – радиометрический метод поисков, основанный на измерении интенсивности гамма-излучения горных пород радиометрами, устанавливаемыми на самолетах или вертолетах. Аэрогамма-съемка обычно проводится параллельно с другими геофизическими методами (аэромагнитной и аэроэлектрометрической съемками).

Аэрогамма-съемка применяется для выявления площадей, перспективных на поиски радиоактивных руд, а также для поисков месторождений радиоактивных руд по хорошо проявленным ореолам. Кроме того, она используется при геологическом картировании и при поисках нефтяных и газовых полей. Возможности аэрогамма-съемки в последнее время возросли за счет использования гамма-спектральных измерений, с помощью которых можно определять содержания радиоактивных элементов (U, Ra, Th и ^{40}K) в горных породах, выходящих на земную поверхность. Основное преимущество аэрогамма-поисков по сравнению с наземными гамма-поисками – их высокая производительность и дешевизна. Аэропоиски особенно эффективны при благоприятных для их проведения условиях (хорошая обнаженность, элювиально-делювиальный характер рыхлых отложений при их небольшой мощности, слабая расчлененность рельефа). При неблагоприятных условиях (плохая обнаженность, развитие аллохтонных отложений, сложный рельеф) эффективность аэропоисков значительно уступает наземным поисковым методам.

Измеряемая в воздухе интенсивность гамма-излучения зависит от высоты полета, радиоактивности горных пород и рыхлых отложений, содержания в воздухе радиоактивных эманаций, космического излучения и радиоактивного загрязнения самолета. Последние две составляющие называются остаточным фоном и в современных аэрогамма-радиометрах компенсируются. Влияние радиоактивных эманаций составляет около 5% от гамма-излучения горных пород. Нормальное поле гамма-излучения на высоте 30–40 м над кислыми интрузивными породами составляет около 7–10 мкР/ч, над основными интрузивными породами и известняками – около 1,5–2,0 мкР/ч и над почвами – около 5 мкР/ч.

Амплитуда гамма-аномалии в воздухе зависит от содержания радиоактивных элементов в приповерхностном слое горных пород или рыхлых отложений, от размеров участка, расстояния между участками и прибором, а также от инерционных искажений самолетного гамма-радиометра. В связи со сложным характером зависимости приведенные к Земле значения интенсивности гамма-излучения для локальных аномалий могут отличаться от истинных.

Аэрогамма-съемка с целью поисков месторождений радиоактивных руд выполняется обычно в масштабе 1:25000 (при среднем расстоянии между маршрутами 250 м) и крупнее на высоте полета 30–50 м. В районах со спокойным рельефом аэрогамма-съемка проводится по сети коротких (30–50 км) параллельных маршрутов, ориентированных вкрест простирания основных геологических структур. При аэрогамма-спектральных измерениях основное внимание обращается на выделение аномалий чисто урановой или смешанной урано-ториевой природы. Локальные аномалии в процессе съемки подвергаются детализации системой коротких маршрутов. Результаты аэрогамма-съемки обобщаются графически путем построения карт изолиний интенсивности гамма-излучения или изолиний содержаний радиоактивных элементов. Правильная оценка выявленных аномалий возможна только при использовании всех имеющихся геологических, геофизических и геохимических данных. Поэтому выделенные аномальные участки подвергаются детальной наземной проверке комплексом геофизических и геохимических методов, которые обязательно сопровождается геологическими наблюдениями, а в необходимых случаях – горными работами.

Аэромагнитная съемка – это изучение магнитного поля Земли с летательных аппаратов с помощью аэромагнитометров. Метод был предложен и применен советским учёным А. А. Логачевым (1936) для поисков сильномагнитных железных руд по магнитным аномалиям. Так были открыты, например, железорудные месторождения Соколовско-Сарбайской группы в Казахстане и Ангаро-Илимской группы в Иркутской области. С разработкой новых высокоточных аэромагнитометров метод стал одним из важнейших при региональных геофизических исследованиях. Результаты аэромагнитной съемки используются при составлении геологических карт, для уточнения контуров геологических образований, выявления разрывных нарушений и др. Крупномасштабная аэромагнитная съемка применяется при поисках месторождений железных руд, бокситов, алмазоносных кимберлитовых трубок и т. д.

Съемочные маршруты располагаются параллельно друг другу, перпендикулярно преобладающему простиранию геологических структур. Аэромагнитная съемка проводится на посто-

янной высоте от уровня моря или рельефа местности. В первом случае высота полета контролируется по барометрическому высотомеру, во втором – с помощью самолетного радиовысотомера. Геодезическая привязка маршрутов к местности осуществляется с помощью радионавигационных систем.

Новые перспективы открываются перед аэромагнитной съемкой в связи с разработкой квантовых магнитометров, обладающих высокой разрешающей способностью.

* *

*

Важнейшей особенностью дистанционных съемок является возможность различной степени *генерализации объектов* и изменения *обзорности* (ширины полосы исследований), которые зависят от высоты орбиты космического носителя (от 180 до 1000 км) или от высоты полета воздушного носителя (0,5–10 км), а также от типа аппаратуры, ее разрешающей способности, масштаба съемки. Во многих видах съемок уровень генерализации и разрешающая способность исследований взаимно-обратны: чем больше генерализация, тем меньше разрешение на местности. Таким образом, при интерпретации данных дистанционных съемок имеется возможность направленно генерализовать изучаемую эколого-геологическую ситуацию, выделять региональные или даже локальные объекты, видеть их пространственное соотношение, трудно фиксируемое обычными наземными съемками. При дистанционных исследованиях удастся реализовать "*эффект прозрачности*": как бы заглянуть внутрь литосферного пространства, получив структурные планы объектов, фрагменты которых только частично выявляются наземными съемками.

4.3. Подводные методы поисков

Донные осадки морей и океанов, а также лежащие под ними коренные породы представляют собой огромные вместилища различных видов полезных ископаемых: нефти и газа, руд золота, платины, олова, вольфрама, железа, марганца, хрома, никеля, кобальта, меди, фосфора, драгоценных камней. В наибольших объемах прогнозные, поисковые и разведочные ра-

боты проводятся в США, Канаде, Франции, Великобритании, ФРГ, России.

Объекты исследований. В настоящее время основными объектами исследований являются месторождения, расположенные в пределах береговой зоны суши и мелководной зоны шельфа. Наиболее активно осваиваются подводные месторождения нефти и газа южных и арктических морей. Особое внимание уделяется поиску россыпей в прибрежно-морской и шельфовой зонах.

Границей шельфа считается линия морского дна, находящаяся на глубине 200 м. Общая площадь шельфа составляет 7,5% площади Мирового океана. В настоящее время около 30 стран мира ведут промышленную добычу полезных ископаемых из шельфовых зон.

При переносе и переотложении обломочного материала в прибрежно-морской зоне происходит длительная повторяемость одних и тех же процессов. Это приводит к совершенной дифференциации обломочного материала по крупности, форме и плотности частиц. Здесь закономерно относительно береговой линии распространены пески, алевриты, глины, илы, а устойчивыми оказываются минералы самых верхних горизонтов земной коры.

Выделяются три группы россыпеобразующих минералов, отличающихся по условиям переноса, отложения и особенностям пространственного размещения.

К первой группе относятся тяжелые и устойчивые к выветриванию минералы, обладающие низкой миграционной способностью: золото, платина, касситерит. Они имеют плотность более 7 г/см^3 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 $4\text{--}7 \text{ г/см}^3$: магнетит, титаномагнетит, ильменит, хромит, монацит, циркон, рутил. Они накапливаются в россыпях в десятках-сотнях километров от коренного источника.

К третьей группе относятся механически особо устойчивые минералы с плотностью менее 4 г/см^3 : алмаз, сапфир, рубин, хризопраз, шпинель, изумруд, топаз. Скопления этих мине-

ралов располагаются на расстоянии многих сотен километров от коренного источника.

Пространственное положение прибрежно-морских россыпей определяется геологическими, геоморфологическими и гидродинамическими факторами. При изучении геологической обстановки важно выявить источники сноса полезных минералов. Геоморфологические особенности региона во многом определяют морфологию прибрежных россыпей и их строение. Поэтому следует обращать внимание на изучение геоморфологических особенностей прилегающей к акватории участков суши и прибрежной зоны, а также на характер подводных форм рельефа. Наибольшую роль в формировании, размещении и динамике прибрежно-морских россыпей играют гидродинамические условия: особенности и режим морских течений, характер и степень морских волнений и т.п.

На плоских вершинах срединно-океанических хребтов-рифтов располагаются подводные залежи вулканических сульфидных руд («черные и белые курильщики»), а также железомарганцевых конкреций. «Курильщики» представляют собой трубы и холмы, образовавшиеся в результате подводной гидротермальной деятельности. Первые сложены минералами сульфидов, оксидов, гидросиликатов, карбонатов, а вторые – минералами сульфатов, карбонатов, гидрокарбонатов. Железомарганцевые конкреции характеризуются повышенными содержаниями Au, Pt, Ni, Co, Mo, W, Bi, Ga, Zn, Re и других элементов. Такие минеральные образования в настоящее время интенсивно изучаются с целью определения экономической целесообразности их использования в народном хозяйстве.

Методика морских прогнозно-поисковых исследований. Геологоразведочные работы в прибрежных зонах морей и океанов так же, как и на суше, проводятся с соблюдением стадийности, которая позволяет отбраковывать неперспективные площади и сосредотачивать исследования на перспективных участках. Для проведения поисково-разведочных работ, особенно в бассейнах с мощным чехлом рыхлых отложений, производственно-техническая база подготовлена пока еще слабо. Геологические съемки разных масштабов проводятся подразделениями ВНИИ Океанологии и других организаций в соответствии с внутриве-

домственными методическими разработками и инструкциями. Большое внимание при исследованиях уделяется вопросам морской экологии.

Геологические исследования шельфовых зон имеют следующие особенности:

1) весь комплекс работ ведется с водной поверхности и частично со льда, что существенно осложняет их проведение вследствие влияния погодных условий;

2) сравнительно сложное геологическое строение, обусловленное малыми объемами продуктивных отложений среди мощных полей развития морских отложений. Это затрудняет расшифровку выявляемых физических полей;

3) значительная протяженность рудных объектов;

4) необходимость использования специализированных морских судов, плавучих и подводных установок;

5) необходимость сочетания сухопутных и морских методов геологоразведочных работ.

Разработка методики прогнозно-поисковых работ на шельфе производится в следующих направлениях:

1. Аэрокосмическое и наземное обоснование методики прогнозно-поисковых и разведочных работ.

2. Создание методов непрерывного сейсмоакустического профилирования для различных стадий геологоразведочных работ и комплексирования геофизических методов в сочетании с опробованием верхних слоев рыхлых отложений.

3. Разработка методики изучения характеристик и гидродинамических особенностей формирования морских россыпей.

4. Создание методики геолого-экономической оценки работ на разных стадиях исследований и экономической оценки месторождений.

Основной задачей геологического обоснования методики проведения геологоразведочных работ на шельфе является разработка прогнозно-поисковых критериев, признаков конкретных типов месторождений полезных ископаемых и создание принципов построения палеореконструкций шельфовых зон. Продолжается изучение возможностей применения традиционных геологических методов прогноза и поисков россыпей, реализовать которые в морских условиях без применения специальных

технических средств невозможно. Из традиционных методов геологических исследований используются аэрокосмофото-съемка, шлиховое и геохимическое опробование.

Поиски в морских условиях выполняются с надводных судов, с подводных конструкций и аппаратов, аквалангистами и водолазами. Из них наиболее эффективными и распространенными являются поиски с надводных судов.

Кратко рассмотрим методы поисков, применяемые в шельфовых зонах.

Метод непрерывного сейсмоакустического профилирования (САП) предусматривает комплексирование различных геофизических методов исследований в сочетании с опробованием отложений легкими техническими средствами. Метод применяется для изучения и расчленения рыхлых отложений морских бассейнов.

Гидрологическое обеспечение поисков и изучение гидродинамических особенностей формирования морских россыпей решается геологическими подразделениями совместно с метеослужбами. Из подводных методов поисков активно используются гидролокация бокового обзора и фотосъемка морского дна.

Для опробования подводных месторождений используются станки ударно-забивного (ударно-канатного), ударно-вращательного, гидромеханического, вибрационного действия, а также унифицированные плавучие буровые установки (на судах). При изучении механических ореолов рассеяния минералов широко применяются морские пробоотборники или грунтовые трубки диаметром 100–200 мм с глубинами внедрения 6–12 м. Используются пробоотборные трубки ударного, забивного, стреляющего, поршневого, насосного, гидростатического, реактивного и вибрационного типов. Для опробования используются также буровые гидравлические снаряды с диаметром труб 200–300 мм и глубиной внедрения 6–8 м, а также драги и дночерпатели различного типа. Драги и дночерпатели позволяют отбирать пробы лишь из поверхностного слоя донных отложений. При этом нарушаются текстурно-структурные свойства осадков, что является недостатком метода, поскольку может затруднить увязку результатов опробования.

Для картировочного и поискового бурения и опробования толщ рыхлых отложений мощностью 8–30 м применяются пла-

вучие буровые установки, на которых используются трубы диаметром 127–250 мм. Они устанавливаются на буксируемых понтонах катамаранного типа грузоподъемностью 100–300 т.

Опережающие работы включают предварительное дешифрирование материалов аэрокосмических фотосъемок, радиолокационных, инфракрасных и телевизионных снимков. Это позволяет составлять предполетные геологические карты, устанавливать участки с обнажениями дочетвертичных пород и площади распространения рыхлых отложений.

Аэромагнитная и гидромагнитная съемки регистрируют магнитные свойства геологических тел, позволяют выявлять их форму и глубину залегания. Морская электроразведка, подводная радиометрическая съемка и магнитометрические работы дают возможность получить информацию о геологическом строении участков дна, для которых отсутствуют изображения на материалах аэрокосмофотосъемок. Кроме того, эти исследования позволяют картировать границы между геологическими телами, определять площади их распространения, а также намечать участки для проведения буровых, водолазных и других детальных методов исследований морского дна.

На этапе подготовки перспективных площадей для исследований производится гидрографо-геодезическое обеспечение работ, выставляются створные знаки и якорные буи. Привязка пунктов наблюдений осуществляется с помощью ГЛОНАСС и GPS-навигаторов.

Методика геолого-экономической оценки подводных россыпей на разных стадиях геологоразведочных работ разработана недостаточно. Опыта таких исследований пока еще маловато. Важным представляется решение задачи по разработке методики подсчета прогнозных ресурсов категорий P_2 и P_1 и запасов категории C_2 .

4.4. Выбор рационального комплекса поисковых работ

Комплексирование поисковых работ имеет два аспекта: 1) поиски должны быть направлены на выявление всех видов полезных ископаемых, встречающихся в районе; 2) применяемый комплекс методов должен быть эффективным (максималь-

но информативным) и оптимальным в геологическом и экономическом отношениях. Комплексирование уменьшает неоднозначность интерпретации результатов поисков. В применяемый комплекс следует включать только те методы, которые позволяют получить дополнительную или качественно новую информацию.

Прогнозно-поисковый комплекс – это совокупность поисковых предпосылок, признаков, оптимальный комплекс методов поисков, выбранный с учетом геологических и природных факторов, в увязке со стадийностью геологоразведочных работ.

Пример блок-схемы стадии поискового комплекса приведен на рис. 4.29.

Обобщенная информация о комплексах методов, применяемых при поисках важнейших видов рудных полезных ископаемых, приведена в табл. 4.14. Что касается условий применения отдельных методов, то при их проектировании можно ориентироваться на данные, приведенные в табл. 4.15.

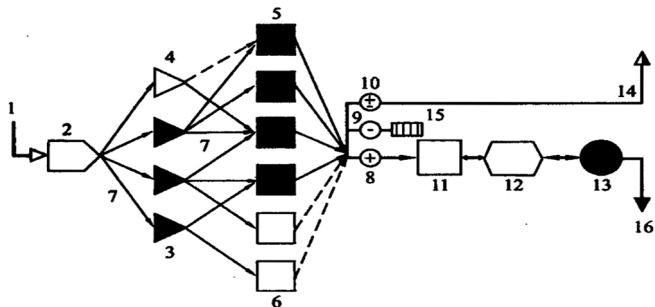


Рис. 4.29. Блок-схема стадии прогнозно-поискового комплекса (по А. И. Кривцову):

1 – переход от предшествующей стадии; 2 – стадия работ; 3–4 – методы работ: 3 – обязательные, 4 - дублирующие либо избыточные; 5–6 – признаки объектов: 5 – необходимые, 6 – дополнительные; 7 – связи, методы-признаки и признаки-объекты (основные и второстепенные); 8–10 – результаты работ: 8 – положительные, 9 – отрицательные, 10 – неопределенные; 11–13 – объекты прогноза и поисков: 11 – геологические, 12 – металлогенические, 13 – ресурсы и запасы; 14 – возврат к предшествующей стадии; 15 – прекращение работ; 16 – переход к последующей стадии

Таблица 4.14

Комплексы поисковых методов рудных месторождений
(по А.Ф. Коробейникову, 2009 с изменениями)

Полезное ископаемое (типы месторождений)	Методы поисков													
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1														
Железо	++	+	+		+	+			++		+	++	+	+
Марганец	+		+		+	+	+		+		+			+
Титан	+	+	+	++	+	+			++	+	+	+		+
Хром	+	+		++	+	+	+		++			++		
Медь	+	+	+	+	++	+	+	+	+		++	+		+

Окончание табл. 4.14

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Свинец, цинк	+	+	+		++	+	+	+		+	++	+		+
Алюминий	+	+	+			+			+	+	+		+	++
Никель, кобальт (сульфидн. руды)	+	+	+		+	+	+	+	+		+	+		+
Никель, кобальт (силикатн. руды)	+	+	+		+	+	+		+					
Ванадий	+	+	+		+	+	+		+	+				
Олово	+	+	+	++	+	+			+	+	+			+
Вольфрам	+	+	+	++	++	+			+		+			+
Молибден	+	+			++	+	+			+	+			
Сурьма	+	+	+		+	+	+	+			+			
Ртуть	+	+		++	++	+	+	+			+			+
Золото	+	+	+	++	++	+	+			++	+			+
Платина	+	+	+	++	+	+	+	+	+	+	+			++
Уран				+	+				+		+	+		++

Примечание: ++ – ведущие методы; + – вспомогательные методы. В таблицу не включен метод геологической съемки.

Таблица 4.15

Условия применения поисковых методов (Е.О. Позребицкий Е.О. и др., ..., 1977)

Методы	Сущность метода	Условия применения метода	Виды полезных ископаемых
1	2	3	4
Валуно-ледниковый	Исследование крупнообломочных ореолов рассеяния путем отыскания рудных валунов	На площадях развития ледниковых отложений	Медь, никель, свинец, железо, молибден, алмаз
Обломочно-речной	Исследование крупнообломочных ореолов и потоков рассеяния путем отыскания и прослеживания рудных обломков	На площадях развития аллювиальных, делювиальных, элювиальных отложений	Медь, свинец, цинк, вольфрам, железо, олово, марганец. Хром, каменный уголь, исландский шпат и др.
Шлиховой	Исследование шлиховых ореолов и потоков рассеяния путем отбора и анализа шлиховых проб из рыхлых отложений и коренных пород	На площадях развития аллювиальных и элювиально-делювиальных отложений	Золото, платина, алмаз, вольфрам, ртуть, олово, титан, хром, редкие земли, торий

Основанные на изучении ореолов и потоков рассеяния

Продолжение табл. 4.15

1		Геохимические	5	
2	<p>Литохимический:</p> <p>а) по первичным ореолам рассеяния</p> <p>б) по вторичным ореолам и потокам рассеяния</p>		3	
		<p>Исследование литохимических ореолов и потоков рассеяния путем отбора и анализа проб:</p> <p>а) из коренных пород (в обнажениях, горных выработках, скважинах);</p> <p>б) из рыхлых отложений и почв (песчано-глинистой и илисто-глинистой фракций)</p>	4	<p>На площадях</p> <p>а) с хорошей обнаженностью рудомещающих пород;</p> <p>б) широкого или повсеместного развития рыхлых отложений</p>
	Гидрохимический	<p>Изучение гидрогеохимических ореолов и потоков рассеяния путем отбора и анализа проб воды из источников и водных потоков</p>	4	<p>На площадях с хорошо развитой гидросетью и многочисленными водоисточниками</p>
	Атмохимический	<p>Изучение газовых ореолов рассеяния путем отбора и анализа проб почвенного и надпочвенного воздуха</p>	4	<p>На площадях развития рыхлых отложений значительной мощности</p>
	Биогеохимический	<p>Изучение биохимических ореолов рассеяния путем отбора и анализа проб из растительных организмов</p>	4	<p>На покрытых растительностью площадях со значительной мощностью рыхлых отложений</p>
			5	<p>Медь, свинец, цинк, ртуть, олово, вольфрам, молибден, сурьма, редкие земли, золото, марганец и др.</p>
				<p>Медь, свинец, цинк, никель, кобальт, молибден, ртуть, сурьма, уран, минеральные соли</p>
				<p>Радиоактивные руды, нефть, газ, уголь, ртуть, сурьма</p>
				<p>Молибден, медь, свинец, цинк, никель, кобальт, уран, вольфрам, ртуть, золото, серебро</p>

Окончание табл. 4.15

1	2	3	4	5
Геофизическая	Магнитометрический	Выявление магнитных аномалий путем измерения намагниченности горных пород и полезных ископаемых	Присутствие в телах полезных ископаемых магнитных минералов	Железо, титан, ванадий, медь, никель, свинец, цинк, вольфрам, молибден, олово, бокситы, алмаз
	Электрометрический	Выявление электрических аномалий путем измерения электрических или электромагнитных характеристик полезных ископаемых и горных пород	Наличие различий в электрических свойствах полезных ископаемых и вмещающих горных пород	Медь, свинец, цинк, никель и кобальт (сульфидные руды), молибден, ртуть, сурьма, уголь, графит
	Радиометрический	Выявление радиоактивных аномалий путем измерения радиоактивности горных пород и полезных ископаемых, а также радиоактивных газов	Присутствие в телах полезных ископаемых радиоактивных химических элементов	Уран, торий, бериллий, бор, кобальт, редкие земли, тантал, ниобий, ванадий, титан (россыпи), олово, висмут, бокситы, фосфориты, калийные соли
	Гравиметрический	Выявление гравитационных аномалий путем измерения приращений силы тяжести	Различие плотностей полезных ископаемых и вмещающих горных пород	Хром, железо, титан, медь, свинец, цинк, вольфрам, бокситы, корунд, минеральные соли, уголь
	Сейсмометрический	Выявление благоприятных геологических структур или непосредственно тел полезных ископаемых с помощью искусственно возбужденных сейсмических волн	Различие упругих свойств разных горных пород или полезных ископаемых и вмещающих отложений	Нефть, газ, уголь, минеральные соли, бокситы, железо, марганец

4.5. Оценка результатов поисковых работ

По завершении очередной стадии геологоразведочных работ проводится обобщение информации с целью локализации участков для дальнейших исследований, их разбраковки и геолого-экономической оценки.

4.5.1. Составление отчета о поисковых работах

Результаты поисковых исследований оформляются в виде самостоятельного отчета для стадии «Поисковые работы» либо отдельных глав (полезные ископаемые; закономерности размещения полезных ископаемых и оценка перспектив района) в отчетах о региональных исследованиях.

Текстовая часть сопровождается комплектом графических и табличных материалов и базой данных. Графические материалы включают:

1. Карты геолого-геофизической изученности территории.
2. Карты фактического материала (составляются по видам исследований).
3. Геологические карты:
 - дочетвертичных образований;
 - тематические карты (четвертичных отложений, тектонические, структурные, метаморфизма, палеовулканические, литолого-фациальные, палеогеографические и др.).
4. Геохимические, шлиховые, геофизические карты.
5. Карты полезных ископаемых.
6. Карты закономерностей размещения и прогноза полезных ископаемых.

Изображенные на минерагенических картах перспективные площади классифицируются по степени перспективности и надежности оценки степени перспективности.

Ранее созданные *базы данных* (БД) должны быть актуализированы и пополнены. Базы данных должны содержать информацию, использованную и обосновывающую построение разнообразных карт, разрезов, профилей и других материалов, приведенных в отчете.

Основной графической компонентой базы данных является карта фактического материала в формате ГИС, включающая:

- авторские объекты наблюдения (точки наблюдения, линии маршрутов, горные выработки), задокументированные в процессе полевых работ;

- необходимое количество объектов наблюдения предшественников (опорные скважины, горные выработки, разрезы, отдельные принципиально важные точки наблюдения);

- стратотипы и петротипы подразделений серийной легенды;

- пункты отбора проб для датирования абсолютного возраста горных пород, связанные с таблицами результатов датирования;

- точки опробования объектов изучения на различные виды анализов, связанные с таблицами результатов аналитических определений;

- пункты геофизических замеров и результаты измерений.

Описание структуры базы включается отдельным текстовым документом в саму БД.

Отчет, графические и табличные материалы и БД представляются на электронных носителях и в аналоговой форме.

Выделение и оценка площадей, перспективных на обнаружение месторождений полезных ископаемых, ведется на основе их комплексного геолого-экономического анализа. Экономической основой этого анализа являются результаты оценки прогнозных ресурсов.

Основным результатом поисковых работ является геологически обоснованная оценка перспектив исследованных площадей. На обнаруженных проявлениях полезных ископаемых оцениваются прогнозные ресурсы категорий P_2 и P_1 . По материалам поисковых работ составляются геологические карты опосредованных участков в соответствующем масштабе и разрезы к ним, карты результатов геофизических и геохимических исследований, отражающие геологическое строение и закономерности размещения продуктивных структурно-вещественных комплексов. В отчете приводятся основные результаты работ, включающие геолого-экономическую оценку выявленных объ-

ектов по укрупненным показателям и рекомендации о целесообразности и очередности дальнейшего проведения работ.

4.5.2. Методы оценки прогнозных ресурсов

Объектами оценки прогнозных ресурсов являются металлогенические (минерагенические) зоны, бассейны, рудные районы, поля, рудопроявления, фланги и глубокие горизонты месторождений. Их оценка должна учитывать возможности комплексного освоения объектов, а также ближайшие перспективы развития техники и технологии разработки месторождений. Оценка прогнозных ресурсов производится по видам полезных ископаемых в единицах массы или объема отдельно по каждому объекту прогноза.

Все методы оценки прогнозных ресурсов основаны на сопоставлении всей геологической информации оцениваемого и эталонного объектов. В качестве эталонных принимаются:

- хорошо изученные бассейны, районы, рудные поля и узлы – для ресурсов категории P_3 ;
- потенциальные месторождения – для ресурсов категории P_2 ;
- разведанные месторождения – для ресурсов категории P_1 .

Для эталонных объектов должны быть известны геолого-промышленный тип, запасы полезных ископаемых, состав, коэффициент рудоносности (минерализации) и др.

Оценка прогнозных ресурсов ведется в два этапа:

- 1) выделение и оконтуривание объекта прогнозной оценки;
- 2) количественная оценка прогнозных ресурсов.

Для одной и той же площади возможна оценка ресурсов по сумме категорий: $P_1+P_2+P_3$.

В литературе описано свыше полутора десятка методов (и их разновидностей) оценки прогнозных ресурсов. Их выбор зависит от стадии геологоразведочных работ, характера и полноты исходных данных, геолого-структурной позиции, вида полезного ископаемого и т.п. В рамках учебного пособия целесообразно рассмотреть лишь методы, наиболее часто применяемые в практике поисковых работ:

- метод экспертных оценок;

- метод прямых расчетов;
- метод оценки по первичным ореолам рассеяния;
- метод оценки по вторичным ореолам рассеяния.

Метод экспертных оценок. Прогнозирование ресурсов методом экспертной оценки целесообразно в случаях, когда исходная информация имеет низкую достоверностью, разнородна и ее трудно формализовать, а также при отсутствии эталонов для сравнения. Например, при оценке ресурсов месторождений новых геолого-промышленных типов или месторождений с уникальными наблюдаемыми свойствами.

Процедура оценки сводится к следующему. Независимые эксперты (квалифицированные специалисты в области металлургии, поисков и разведки) на основе анализа территории дают индивидуальный прогноз. В дальнейшем частные оценки обсуждаются и корректируются в несколько туров и устанавливаются наиболее правдоподобные. Недостатком метода является возможный субъективизм и корпоративность при выборе оценок.

Метод прямых расчетов. Расчет прогнозных ресурсов этим методом проводят в тех случаях, когда имеется возможность хотя бы предположительно установить параметры, доступные для расчета по формуле

$$Q_p = k \cdot V \cdot d \cdot c,$$

где Q_p – прогнозные ресурсы, т; k – коэффициент надежности прогноза; V – прогнозируемый или измеренный объем объекта, м³; d – прогнозируемая или измеренная объемная масса, т/м³; c – содержание полезного компонента, г/т.

Если содержание компонента выражено в процентах (масс. доля, %), формула приобретает вид:

$$Q_p = k \frac{V \cdot d \cdot c}{100},$$

а если в г/м³:

$$Q_p = k \cdot V \cdot c.$$

Прогнозируемый объем полезного ископаемого вычисляется по формуле

$$V = L_x \cdot L_y \cdot L_z \text{ или } V = S \cdot H,$$

где L_x , L_y , L_z – прогнозируемая или измеренная протяженность оцениваемого объекта соответственно по простиранию, паде-

нию и мощности; S – площадь прогнозируемой территории; H – глубина прогноза.

Содержание полезного компонента определяется по данным опробования полезного ископаемого, а если эти данные отсутствуют, то по аналогии с хорошо известным эталонным объектом.

Среднюю объемную массу продуктивных образований обычно принимают равной: 2,5–2,8 т/м³ для кислых; 2,9–3,0 для основных; 3,1–3,2 для ультраосновных изверженных и 2,6–2,8 т/м³ для осадочных пород.

Коэффициенты надежности прогноза (k) устанавливаются по результатам экспертной оценки достоверности исходных данных: при очень высокой достоверности k принимается равным 0,8–1,0; при высокой – 0,5–0,6, при низкой – 0,3–0,5.

Метод оценки прогнозных ресурсов по первичным ореолам рассеяния. Основан на корреляционной связи между продуктивностями ореолов и коренных скоплений. Предложен А.П. Солововым. Прогнозные ресурсы на заданную вероятную глубину (H) определяются по формуле

$$Q_H = \eta \cdot \alpha \cdot \frac{P}{40} \cdot H,$$

где P – площадная продуктивность ореола: $P=S(C_x-C_\phi)$; C_x – среднее содержание элемента в ореоле, C_ϕ – фоновое содержание; η – коэффициент, учитывающий уровень денудационного среза; α – коэффициент, выражающий долю кондиционных запасов элемента в контуре первичного ореола.

При оценке коэффициента η должны использоваться все геологические данные, а также индикаторные отношения мультипликативных надрудных и подрудных ореолов. Для незэродированных рудных тел $\eta=1,0$, для слабоэродированных $\eta=0,8$, для среднеэродированных $\eta=0,6$.

Коэффициент α выбирается на основе опытно-методических работ. При их отсутствии можно рекомендовать значения, приведенные в Инструкции по геохимическим методам поисков... (1983): для скарново-шеелитовых, скарново-полиметаллических, колчеданно-полиметаллических $\alpha=0,3$; для жильных золото-кварцевых месторождений $\alpha=0,2$ и т.д.

Что касается числа 40, фигурирующего в знаменателе формулы, то его появление обусловлено тем, что значение объемной массы принято равным 2,5, а содержание элемента выражено в процентах. Отсюда следует:

$$\frac{2,5}{100} = 0,025 = \frac{1}{40}.$$

Методы оценки прогнозных ресурсов по вторичным ореолам рассеяния. Используется та же формула, что и для первичных ореолов, но добавляется коэффициент пропорциональности k :

$$Q_H = k \cdot \eta \cdot \alpha \cdot \frac{P}{40} \cdot H,$$

где k – коэффициент, равный отношению продуктивностей во вторичном и первичном ореоле.

Коэффициент k устанавливается на основе опытно-методических работ или по литературным данным. В условиях гумидного климата для тяжелых устойчивых металлов (Au, Pt, W, Sn) $k < 1$, для растворимых металлов $k > 1$. В условиях аридного климата для устойчивых тяжелых металлов $k \approx 1$, для растворимых металлов $k < 1$. Для условий равнинного рельефа с замедленной денудацией, где наблюдаются погребенные ореолы, значение k для разных металлов может колебаться в очень широких пределах: от $k \ll 1$ до $k \gg 1$.

Оценка прогнозных ресурсов по потокам рассеяния, гидрохимическим, атмохимическим, биохимическим ореолам ведется по аналогичным формулам, но в них добавляются специальные коэффициенты, обеспечивающие переход от первичных ореолов рассеяния ко вторичным.

Оценку прогнозных ресурсов производит организация, проводившая поисковые работы. Первоначально материалы рассматриваются Научно-техническими советами (НТС) территориальных органов с оформлением соответствующих протоколов. При положительном решении НТС материалы оценки прогнозных ресурсов направляются на апробацию в профильные научно-исследовательские институты по курируемым ими видам полезных ископаемых.

Материалы, обосновывающие оценки прогнозных ресурсов, представляются пообъектно с использованием всей инфор-

мации по геологическому изучению недр – региональным, поисковым, оценочным работам, разведке месторождений. Обязательным требованием к этим материалам является обеспечение возможности проверки, а при необходимости и корректировки представленных оценок прогнозных ресурсов.

По каждому объекту на бумажных и электронных носителях представляются: пояснительная записка, необходимые табличные и графические приложения и паспорт учета объекта. Пояснительная геолого-экономическая записка объемом до 10 страниц с сопровождающими рисунками и таблицами должна содержать данные, обосновывающие количественную и геолого-экономическую оценку объектов с прогнозными ресурсами соответствующих категорий. Содержание табличных и графических приложений должно обеспечивать возможность полной проверки подсчета прогнозных ресурсов основных и попутных компонентов по блокам, отдельным телам полезных ископаемых, участкам с учетом выделяемых категорий.

Заключения профильных НИИ должны содержать выводы: по комплектности представленных материалов, их качеству, по геологической, количественной, качественной и экономической обоснованности прогнозных ресурсов; по проведенной корректировке. В протоколах профильных НИИ по каждому объекту отражается одна из следующих рекомендаций:

- включить в Перечень прогнозные ресурсы по категориям учета соответствующее количество полезного ископаемого;
- отклонить прогнозные ресурсы (с кратким указанием причин);
- отнести прогнозные ресурсы к «некондиционным» (с кратким указанием причин).

Выписки из протоколов профильных НИИ представляются в соответствующие территориальные органы. Положительное заключение профильного НИИ является основанием для включения объекта в проект перечня участков недр, предлагаемых для предоставления в пользование.

Проект перечней участков недр, предлагаемых для предоставления в пользование, формируется в электронном виде отделами департаментов по недропользованию по соответствующим федеральным округам отдельно для двух групп полезных

ископаемых: 1) твердые полезные ископаемые; 2) углеводородное сырье, подземные воды, лечебные грязи. В перечень не включаются участки недр федерального значения и участки недр местного значения.

Проект Перечня участков недр по субъекту Российской Федерации сопровождается пояснительной запиской с графическими приложениями, подразделяется на следующие разделы:

– участки недр, предлагаемые в пользование для геологического изучения с целью поисков и оценки месторождений полезных ископаемых за счет средств недропользователей;

– участки недр, предлагаемые в пользование на аукционной или конкурсной основе с целью разведки и добычи полезных ископаемых, а также с целью геологического изучения, разведки и добычи полезных ископаемых, осуществляемых по совмещенной лицензии.

Проект Перечня после необходимых согласований с территориальным фондом геологической информации, органами исполнительной власти субъекта РФ, министерствами обороны, природных ресурсов и экологии не позднее 1 ноября текущего года направляется в Федеральное агентство по недропользованию (Роснедра) для подготовки заключения о его соответствии действующим нормативным документам и утверждения.

Утверждение Перечня участков недр осуществляется Роснедрами ежегодно на следующий календарный год не позднее 31 декабря текущего года. Утвержденный Перечень участков недр размещается на сайте Роснедр и действует в течение календарного года.

4.6. Охрана окружающей среды при проведении поисковых работ

Использование современных технических и транспортных средств при поисках месторождений приводит к нарушению экосистем. С целью максимального сохранения природы и окружающей среды рекомендуется:

– располагать горные выработки и скважины не по правильной сети (если это не приводит к браку ГРП), а с учетом

местных условий (обочины дорог, межи, пустыри); места заложения горных выработок и скважин должны быть согласованы с собственниками земли;

- проводить буровые работы и геофизические исследования в зимнее время;

- не допускать самоизливания бурового раствора, скважины тампонировать;

- своевременно засыпать горные выработки;

- после завершения горных и буровых работ проводить рекультивацию земель;

- располагать магистральные ходы (профили) вдоль дорог, просек, линий электропередачи, если это не приводит к браку геологоразведочных работ; совмещать пункты наблюдений различных методов поисков;

- ограничивать езду на вездеходах и других гусеничных средствах; исключать беспорядочное движение транспорта по всей территории;

- не допускать массового применения буровзрывных работ «на выброс»;

- неукоснительно выполнять требования противопожарной безопасности в маршрутах, при проходке горных выработок и скважин, на лагерных стоянках.

5. ОРГАНИЗАЦИЯ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПРОГНОЗНО-ПОИСКОВЫХ И ПОИСКОВЫХ РАБОТ

Проектирование прогнозно-поисковых и поисковых работ является важным и ответственным этапом их организации. От качества проектирования зависят выбор рационального прогнозно-поискового комплекса, качество реализации планируемых исследований и в конечном итоге их результативность. Здесь и далее под прогнозно-поисковыми работами понимаются поисковые исследования, проводимые в рамках проектов региональных геологосъемочных работ масштабов 1:1000000, 1:200000, 1:50000 (стадия – региональное геологическое изучение недр). На этой стадии прогнозно-поисковые работы являются составной частью общего комплекса геологосъемочных работ.

Проектно-сметная документация (ПСД) на проведение прогнозно-поисковых и поисковых работ разрабатывается на основе геологического задания и включает в себя: 1) геологическое задание; 2) проект; 3) смету. Составленная Исполнителем ПСД проходит внешнюю экспертизу; к ней обязательно должны быть приложены: экспертное заключение, протокол рассмотрения ПСД на НТС Исполнителя и протокол утверждения ПСД на НТС Заказчика.

5.1. Геологическое задание

Геологическое задание является основным документом, регламентирующим состав, подготовку и проведение прогнозно-поисковых и поисковых работ. Выдает и утверждает геологическое задание организация-заказчик. В нем определены: 1) целевое назначение работ, пространственные границы объекта и основные оценочные параметры; 2) геологические задачи, последовательность и основные методы их решения; 3) ожидаемые результаты (с указанием форм отчетной документации), порядок апробации и приемки отчетных материалов, сроки проведения работ и время представления отчета. В преамбуле к геологическому заданию указываются: основание для проведения работ, источник финансирования, Исполнитель работ. Геологическое задание должно быть согласовано и подписано Исполнителем, руководителем Департамента недропользования и утверждено Заказчиком.

5.2. Проект

Проект является основным документом, регулирующим весь ход производства работ на объекте исследований, и составляется исполнителями работ. Проект состоит из двух частей:

- 1) методической;
- 2) производственной.

5.2.1. Методическая часть

При составлении методической части проекта соблюдаются требования нормативных документов, определяющих содержание, методику и технологию всех видов геологоразведочных работ, с помощью которых реализуется геологическое задание. Методическая часть проекта состоит из разделов:

- общие сведения об объекте работ;
- общая характеристика геологической изученности объекта;
- геологическая, гидрогеологическая, геофизическая, геохимическая характеристика района;
- методика и объемы проектируемых работ;
- сводный перечень проектируемых работ;
- ожидаемые результаты.

Общие сведения об объекте работ

В разделе приводится характеристика географического и административного положения района работ. В тезисной форме освещаются: 1) особенности рельефа (высотные отметки, обнаженность, закарстованность, проявления оползней и т.п.); 2) гидросеть (режим рек и озер, наличие искусственных водоемов, источники питьевого и технического водоснабжения); 3) климат (среднемесячные температуры воздуха по сезонам, продолжительность зимнего и летнего периодов, среднемесячное количество осадков, высота снежного покрова, время замерзания и вскрытия рек, мощность ледяного покрова); 4) растительность (залесенность, заболоченность района, почвенный слой, угодья, пашни); 5) животный мир (наличие хищных зверей, змей, энцефалитная опасность); 6) категории проходимости.

В разделе также приводятся экономические сведения о районе работ: 1) характеристика промышленных объектов, особенно горнодобывающих; 2) наличие и мощность источников электроэнергии; 4) развитость магистральной и местной дорожной сети, ее состояние по сезонам; 5) возможность набора рабочей силы; 6) возможность аренды помещений для жилья и производственных целей; 7) другие данные, оказывающие влияние на организацию геологоразведочных работ.

Текст раздела иллюстрируется обзорной картой района проектируемых работ, позволяющей оценить своеобразие организации работ на объекте. Масштаб карты выбирается таким, чтобы ее размер не превышал листа формата А4.

*Общая характеристика
геологической изученности объекта*

Раздел посвящается краткому обзору, оценке и анализу ранее выполненных геологических, гидрогеологических и геофизических работ. Информацию целесообразно систематизировать в табличной форме.

В пояснительном тексте приводится обобщающий критический анализ результатов предшествующих исследований.

При наличии протоколов НТС, ГКЗ, ТКЗ с рекомендациями по направлению и методике изучения территории излагается их содержание. Приводятся данные о прогнозных ресурсах и запасах полезных ископаемых; сведения об обеспеченности площади работ топографическими картами, аэрофотоматериалами и космическими снимками соответствующих масштабов с указанием степени их дешифрируемости. К тексту раздела прилагаются картограммы геологической, гидрогеологической и геофизической изученности. На картограммах показываются контуры площадей ранее проведенных и проектируемых работ.

*Геологическая, геохимическая, гидрогеологическая,
геофизическая характеристики района*

В объеме, необходимом для обоснования направления и методики выполнения проектируемых работ, излагаются данные по стратиграфии, тектонике, магматизму, геоморфологии, геохимии, гидрогеологии, геофизике, полезным ископаемым объ-

екта работ. Приводится деление района работ по категориям сложности геологического строения. Отмечаются возможные осложнения при бурении скважин и проходке горных выработок; приводится группировка развитых на площади горных пород по категориям буримости и крепости при проходке горных выработок. Дается характеристика геологических предпосылок и признаков ожидаемого оруденения. К разделу прилагаются геологическая, гидрогеологическая, геоморфологическая и другие карты.

Методика и объемы проектируемых работ

Данный раздел является наиболее важным. Его разработка требует от составителя высокой квалификации и всесторонних знаний района работ.

На основе анализа комплекса геологических, гидрогеологических, геофизических, физико-географических и экономических особенностей объекта с учетом рекомендаций предыдущих исследований по дальнейшему направлению работ обосновывается рациональный комплекс исследований (работ) для выполнения геологического задания.

Исходя из конкретных геологических задач, требований к содержанию геологической информации, особенностей объекта исследований выбираются методы, способы и виды работ и определяются их объемы.

Геологосъемочные и поисковые работы. Указываются масштаб и площадь проектируемых работ. Обосновываются объемы работ по каждому виду и методу исследований. На основе анализа материалов предшествующих исследований определяются:

- категории сложности геологического строения территории при изучении дочетвертичных и магматических образований;
- категории сложности геологического строения территории при изучении рыхлых четвертичных образований;
- категории сложности составления стратиграфических колонок;
- категории проходимости местности для пеших переходов производственных групп в процессе полевых работ;

- категории обнаженности горных пород при проведении наземных геологосъемочных и поисковых маршрутов;
- категории сложности геологического изучения объектов;
- категории дешифрирования аэрокосмических снимков;
- категории промывистости горных пород (при ручной промывке).

Обосновывается необходимость составления опорных стратиграфических разрезов. Составляются схема наземных маршрутов и график выполнения работ.

Геохимические работы. Содержание проектируемых геохимических исследований определяется их местом в рациональном комплексе геологоразведочных работ.

Исходя из конкретных геологических задач и специфических особенностей объекта обосновываются методы геохимических исследований, объем работ, густота сети наблюдений, ориентировка маршрутов и профилей. Определяются условия и способы отбора и обработки проб.

Гидрогеологические работы. При проектировании гидрогеологических наблюдений за режимом подземных и поверхностных вод в зависимости от гидрогеологических условий площади исследований и поставленных геологических задач определяется количество и местоположение водопунктов (родников, колодцев, скважин), включаемых в режимную сеть, выбираются поверхностные водотоки для проведения стационарных гидрометрических наблюдений за их расходами. Указываются расстояния между пунктами наблюдений, определяются характер наблюдений и периодичность замеров. Устанавливаются способы производства замеров. Обосновываются продолжительность режимных наблюдений и способ передвижения наблюдателей при проведении полевых работ.

Для предотвращения загрязнения и истощения подземных вод предусматриваются работы по ликвидационному тампонажу буровых скважин и засыпке заброшенных колодцев.

Опробование. Определяются виды опробования, объемы и способы отбора и обработки проб, количество проб по типам и размерам (сечение борозд, глубина задинок и пр.), длина интервалов опробования керна буровых скважин, категории крепости опробуемых пород.

Приводится обоснование начальных и конечных масс обрабатываемых проб, коэффициента неравномерности k , принимаемого при составлении схемы обработки проб.

При проектировании опробования геофизическими методами указываются объемы и метод опробования.

Геолого-экологические работы. При проектировании геоэкологических исследований указываются объекты хозяйственного использования, являющиеся источниками загрязнения подземных вод, с учетом сложности их обследования. Обосновываются виды и объемы эколого-геохимических работ; работ, связанных с охраной подземных вод от истощения и загрязнения.

При проектировании мониторинга подземных вод приводятся краткие сведения о наблюдательной сети. Обосновываются необходимое количество пунктов наблюдений, периодичность замеров, виды и объемы работ по восстановлению, ремонту и чистке скважин, периодичность опробования, количество проб и виды анализов. Составляется график инспектирования пунктов наблюдений.

В проекте мониторинга экзогенных геологических процессов приводятся краткие сведения о их связи с атмосферными осадками, температурой воздуха, изменениями уровня озер, водохранилищ, расходами рек и другим быстро изменяющимся факторам.

Приводится обоснование количества пунктов наблюдений, необходимости и объемов аэровизуальных исследований, пеших наземных маршрутов, установки реперов, марок, маяков и т. п.

Геофизические работы. Данный вид работ может выполняться как по самостоятельным проектам, так и в составе единого проекта, как отдельный вид работ. В проекте излагаются условия выполнения и геологические задачи, подлежащие решению геофизическими методами. Обосновывается рациональный комплекс методов и видов работ. По каждому виду определяются объемы основных и вспомогательных работ, включая площадь, на которой будут организованы исследования, их масштаб, сеть наблюдений, топографо-геодезическое обеспечение и т.д. Приводится методика интерпретации материалов по каждому геофизическому методу.

Горнопроходческие работы. Дается обоснование мест заложения горных выработок, их сечение, объемы проходки по видам выработок, способам проходки и по категориям крепости пород. Указываются горногеологические и гидрогеологические условия производства горнопроходческих работ. Определяются объемы засыпки горных выработок, порядок топографо-геодезического обеспечения работ.

Буровые работы. Исходя из поставленных задач и требований к геологической информации обосновываются расположение поисковых профилей, места заложения скважин, их глубина.

Рассчитываются объемы бурения, которые распределяются по назначению скважин (структурные, картировочные, поисковые), по типу скважин (вертикальные, наклонные, многоствольные), по способам бурения (колонковое, бескерновое, шнековое, ударно-канатное и т.п.), по способу получения электроэнергии (от стационарной сети, от индивидуальной передвижной электростанции).

Объемы бурения распределяются также по группам скважин с учетом их глубины, среднего диаметра, категориям буримости горных пород. Обосновывается минимально допустимый выход керна по вмещающим породам и залежам полезных ископаемых. Указывается комплекс мероприятий, необходимых для получения требуемого выхода керна.

Дается обоснование объемов вспомогательных работ, сопутствующих бурению скважин: промывка, крепление обсадными трубами, цементирование колонн обсадных труб, тампонируание и т.п.

Лабораторные работы. Исходя из поставленных геологических задач, необходимости комплексного изучения полезного ископаемого определяются виды, объемы лабораторных исследований полезных ископаемых и горных пород. Для гидрогеологических и инженерно-геологических работ определяются объемы и виды лабораторных исследований проб грунтов и воды.

Объемы работ группируются по типам лабораторий (центральные, полевые) и по каждому виду исследований в натуральном выражении (количество проб, образцов, шлифов), по

перечню намечаемых к выполнению исследований: химические, спектральные, пробирные анализы; минералогические, петрографические, углепетрографические, литологические исследования; палеофитологические и палеофаунистические исследования; испытания нерудных полезных ископаемых; ядерно-физические, рентгено-спектральные и другие виды анализов.

Для каждого вида лабораторных исследований указывается, какие химические компоненты, физико-химические константы и другие свойства следует определить при анализе. Обосновывается количество проб, направляемых на внутренний, внешний и арбитражный геологический контроль.

Топографо-геодезические работы. Определяются цели и задачи проектируемых топографо-геодезических работ с указанием их назначения, содержания, размещения, методики проведения, масштаба, объемов по видам работ и категориям трудности их производства.

Для обеспечения необходимой точности геологоразведочных работ проектируется инструментальная планово-высотная привязка скважин, горных выработок и водопунктов режимной сети.

При проектировании топографо-геодезических работ особое внимание должно быть обращено на эффективное использование имеющихся топографических и аэросъемочных материалов (топографических карт, фотопланов, фотосхем и т.п.).

Камеральные и издательские работы. В соответствии с геологическим заданием и существующими инструкциями определяются перечень, объем и содержание отчетных материалов, представляемых по результатам выполненных работ, включая обязательные и вспомогательные карты, разрезы, геологические схемы и другие материалы. Отчет и все прилагаемые к нему графические материалы должны быть оформлены в соответствии с действующим ГОСТ Р 53579-2009.

Обосновываются сроки и продолжительность камеральных работ.

Сводный перечень проектируемых работ

Сводный перечень проектируемых работ составляется по форме, приведенной в табл. 5.1 в номенклатуре, применяемой в дальнейшем для использования при расчетах затрат времени по Сборнику сметных норм, 1992 (СН-92) с изменениями, внесенными в 2010 г. Работы, не учтенные в СН-92, включаются в сводный перечень дополнительно.

Таблица 5.1

Сводный перечень проектируемых работ

№ п/п	Виды, методы, способы, масштабы работ, условия производства (категория сложности, сечения выработок, категории пород и т.д.)	Ед. измер.	Проектируемый объем
1	2	3	4

Ожидаемые результаты

Ожидаемые геологические результаты определяются исходя из целевого назначения работ и геологических задач, установленных заданием, действующих нормативных документов, предусматривающих требования к их конечным результатам.

5.2.2. Производственная часть проекта

Производственная часть проекта содержит организационные условия производства геологоразведочных работ, расчет времени, затрат труда и расходования материальных ценностей на все виды геологических исследований и геологоразведочных работ, объемы которых определены в методической части проекта.

Исходя из календарного плана работ, составленного по срокам выполнения геологического задания с учетом организационных условий производства, определяются необходимые трудовые и материальные ресурсы по годам. Обосновываются объемы производственного и бытового строительства. Они рассчитываются по нормам СН-92, вып. 11, ч. 2.

В обязательном порядке изучаются возможности замены временного строительства арендой зданий и сооружений или приобретением их у предприятий и населения. В случае нового строительства или покупки зданий и сооружений необходимо определить возможность их реализации после окончания работ и предусмотреть это в проекте.

Составляется схема перевозки грузов и транспортировки персонала. По нормам СН-92 (вып. 10) рассчитываются необходимое количество грузов по видам транспорта и затрат времени на транспортировку персонала с учетом времени полевых сезонов.

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

5.2.3. Определение стоимости работ и составление сметы

Смета составляется на весь объем геологоразведочных работ и затрат, предусмотренных проектом. Сметная стоимость геологоразведочных 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.

Общая сметная стоимость геологоразведочных работ рассчитывается по следующей номенклатуре работ и затрат, с подразделением каждой позиции по видам, методам, способам, масштабам и т.п.:

I. Основные расходы.

A. Собственно геологоразведочные работы:

- предполевые работы и проектирование;
- полевые работы;
- организация и ликвидация полевых работ;
- лабораторные и технологические исследования, камеральные и опытно-методические работы;
- прочие собственно геологоразведочные работы.

Б. Сопутствующие работы и затраты:

- строительство зданий и сооружений;
- транспортировка грузов и персонала партий и экспедиций;
- прочие сопутствующие работы и затраты.

II. Накладные расходы.

III. Плановые накопления.

IV. Компенсируемые затраты.

V. Подрядные работы.

VI. Резерв на непредвиденные расходы.

Список литературы

1. *Алексеевко В. А.* Геохимические методы поисков месторождений полезных ископаемых: учебник для геол. спец. вузов. М.: Высшая школа, 1989. 304 с.
2. *Аристов В. В.* Поиски твердых полезных ископаемых. М.: Недра, 1975. 253 с.
3. *Ворошилов В. Г.* Геохимические методы поисков месторождений полезных ископаемых: учеб. пособие. Томск: изд-во Томск. политехн. ин-та, 2011. 104 с.
4. *Временное* положение об этапах и стадиях геологоразведочных работ на нефть и газ. Утв. МПР РФ 07.02.2001, № 126. М.: МПР РФ, 2001. 16 с.
5. *Временный* порядок представления на апробацию оценок прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых для включения в перечень нераспределенных участков недр, предлагаемых для представления в пользование. М.: Роснедра, 2011. 4 с.
6. *ГОСТ Р 53579-2009.* Отчет о геологическом изучении недр. Общие требования к содержанию и оформлению. М., 2009. 76 с.
7. *Григорян С. В.* Первичные геохимические ореолы при поисках и разведке рудных месторождений. М.: Недра, 1987. 408 с.
8. *Закон* Российской Федерации «О недрах»: утв. 21.02.1992, № 2395-1. В редакции, действующей с 01.01.2016.
9. *Инструкция* по геохимическим методам поисков рудных месторождений. М.: Недра, 1983. 191 с.
10. *Инструкция* по организации и производству геологосъемочных работ и составлению Государственной геологической карты масштаба 1:50000 (1:25000). М., 1986. 139 с.
11. *Инструкция* по составлению и подготовке к изданию листов Государственной геологической карты Российской Федерации масштаба 1:200000. М.: Роскомнедра, 1995. 244 с.

12. *Классификация* запасов и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых. Утв. МПР РФ 11.12.2006, № 275. М.: МПР РФ, 2006. 6 с.

13. *Ковалевский А.Л.* Биохимические поиски рудных месторождений. М.: Недра, 1984. 172 с.

14. *Козловский Е. А.* Минерально-сырьевой комплекс и национальная безопасность России // *Пространство и время*. 2011. №1. С.115–119.

15. *Коробейников А. Ф.* Прогнозирование и поиски месторождений полезных ископаемых: учебник для вузов. Томск: Изд-во Томск. политехн. ун-та, 2009. 253 с.

16. *Красников В. И.* Основы рациональной методики поисков рудных месторождений. М.: Недра, 1969. 399 с.

17. *Крейтер В. М.* Поиски и разведка месторождений полезных ископаемых. М.: Недра, 1969. 384 с.

18. *Методические* рекомендации по применению классификации запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых. Брошюры по видам полезных ископаемых. М.: ФГУ ГКЗ, 2007.

19. *Методическое* руководство по составлению и подготовке к изданию листов Государственной геологической карты Российской Федерации масштаба 1: 1000000 (третьего поколения). М.; СПб.: Роснедра: ВСЕГЕИ, 2008. 240 с.

20. *Мягков В. Ф.* Геохимический метод парагенетического анализа руд. М.: Недра, 1984. 120 с.

21. *Осовецкий Б. М.* Шлиховой метод / Перм. гос. ун-т. Пермь, 2006. 162 с.

22. *Погребницкий Е. О., Поротов Г. С., Руденко Н. И. и др.* Поиски и разведка месторождений полезных ископаемых. М.: Недра, 1977. 405 с.

23. *Положение* о порядке проведения геологоразведочных работ по этапам и стадиям (твердые полезные ископаемые). Утв. МПР РФ 05.07.1999, № 832-р. М.: МПР РФ, 1999. 12 с.

24. *Смирнов В. И.* Геология полезных ископаемых. 4-е изд., перераб. и доп. М.: Недра, 1982. 669 с.

25. *Соловов А. П.* Геохимические методы поисков месторождений полезных ископаемых. М.: Недра, 1985. 294 с.

26. *Справочник* по геохимическим поискам полезных ископаемых / А. П. Соловов, А. Я. Архипов, В. А. Бугров и др. М.: Недра, 1990. 335 с.

27. *Швыряева А. М.* О возможности применения биогеохимического метода при поисках борного сырья. М.: Госгеолтехиздат, 1957. С.305–312.

Учебное издание

Лебедев Генрих Васильевич

**ПОИСКИ И РАЗВЕДКА
МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ**

Том 1

Прогнозирование и поиски месторождений

Учебное пособие

Редактор *Л. П. Сидорова*

Корректор *Л. П. Северова*

Компьютерная верстка: *Г. В. Лебедев, Ю. О. Ярушина*

Подписано в печать 11.12.2017. Формат 60×84/16
Усл. печ. л. 12,79. Тираж 100 экз. Заказ 0696.

Издательский центр
Пермского государственного
национального исследовательского университета.
614990, г. Пермь, ул. Букирева, 15

Типография АНО РИЦ «Здравствуй», г. Пермь.
Тел. (342) 270-14-05. E-mail: hellobook@mail.ru