

**А.Б.КАЖДАН**

**ПОИСКИ И РАЗВЕДКА  
МЕСТОРОЖДЕНИЙ  
ПОЛЕЗНЫХ  
ИСКОПАЕМЫХ**

**ПРОИЗВОДСТВО ГЕОЛОГО-  
РАЗВЕДОЧНЫХ РАБОТ**



**ВЫСШЕЕ  
ОБРАЗОВАНИЕ**

**А.Б.КАЖДАН**

**ПОИСКИ И РАЗВЕДКА  
МЕСТОРОЖДЕНИЙ  
ПОЛЕЗНЫХ  
ИСКОПАЕМЫХ**

**ПРОИЗВОДСТВО ГЕОЛОГО-  
РАЗВЕДОЧНЫХ РАБОТ**

*Допущено Министерством высшего и среднего  
специального образования СССР в качестве учеб-  
ника для студентов геологических специальностей  
вузов*



**МОСКВА „НЕДРА” 1985**

**Каждан А. Б.** Поиски и разведка месторождений полезных ископаемых. Производство геологоразведочных работ: Учебник для вузов.— М.: Недра, 1985, 288 с. ил.

Изложены основные вопросы производства геологоразведочных работ. Описаны современные методы поисков полезных ископаемых, условия их применения с учетом природных особенностей района поисков. Рассмотрены вопросы оптимизации геологоразведочных работ с использованием геолого-математического моделирования и ЭВМ, а также приемы сбора и обобщения данных. Особое внимание уделено специфике проведения геологоразведочных работ на разных стадиях, особенно поисков и разведки месторождений различных типов полезных ископаемых.

Для студентов геологических специальностей вузов.

Табл. 4, ил. 68, список лит.— 29 назв.

Рецензенты: кафедра методики поисков и разведки месторождений полезных ископаемых (Иркутский политехнический институт), *С. Н. Куличихин*, канд. геол.-минер. наук (Всесоюзный научно-исследовательский институт экономики минерального сырья и геологоразведочных работ).

## ПРЕДИСЛОВИЕ

---

Во второй части курса «Поиски и разведка месторождений полезных ископаемых» рассматриваются способы и методы проведения поисковых и разведочных работ, основанные на системном подходе. Для изучения этой части курса необходимы знания основ поисков и разведки полезных ископаемых, а также методы математического моделирования.

Основное внимание при изложении материала уделяется методическим подходам к решениям конкретных геологоразведочных задач, которые принципиально едины при прогнозировании, поисках, разведке и геолого-экономической оценке проявлений любых полезных ископаемых. Специфические приемы и методы возникают, как правило, в связи с особенностями состава, строения или промышленного использования конкретных видов полезных ископаемых. Поэтому при проведении геологоразведочных работ необходимы глубокие знания об условиях их формирования, закономерностях размещения в геологических структурах, а также об особенностях их использования в народном хозяйстве.

В книге использованы материалы кафедры методики поисков и разведки месторождений полезных ископаемых Московского геологоразведочного института (МГРИ). Автор приносит благодарность всем тем, кто сделал критические замечания, способствовавшие повышению качества учебника.

## Часть I.

# ОРГАНИЗАЦИЯ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫХ РАБОТ

---

В геологоразведке, как и в любой отрасли производства, существует объективная необходимость управления всеми производственными процессами. Важнейшие задачи управления сводятся к созданию оптимальных условий для производства и повышения эффективности геологоразведочных работ, реализации их результатов, разработки плановых заданий и путей их выполнения, темпов и пропорций развития отдельных видов геологоразведочных работ в зависимости от требований народного хозяйства.

Одной из действенных форм управления является планирование геологоразведочных работ. Оно призвано выявлять целесообразные варианты развития отрасли, определять пути наиболее эффективного использования материальных трудовых и финансовых возможностей, пути ликвидации неоправданных издержек и потерь.

Проектирование геологоразведочных работ представляет собой технико-экономическую реализацию планов. При проектировании определяются методы и сроки проведения геологоразведочных работ, конкретизируются принимаемые технические решения, устанавливаются объемы и пространственное размещение отдельных видов работ и определяется их полная сметная стоимость.

Организация геологоразведочных работ обеспечивает своевременную подготовку и проведение отдельных операций и видов работ, оптимальное размещение механизмов и оборудования, правильную расстановку и использование кадров.

Вопросы управления, планирование и организация геологоразведочных работ составляют содержание специальных учебных дисциплин. Ниже они рассматриваются только в связи с вопросами проектирования геологоразведочных работ.

## Глава I.

### ПЛАНИРОВАНИЕ И ОРГАНИЗАЦИЯ ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫХ РАБОТ

#### § 1. Управление геологоразведочными работами

Уставной организацией в системе Министерства геологии СССР является производственно-геологическое объединение, в состав которого входят более мелкие структурные подразделения: экспе-

днии и партии. В других отраслевых министерствах существуют геологические управления, которые осуществляют руководство рудничной (шахтной или приисковой) геологической службой комбинатов и предприятий.

Научно-методическое руководство геологическими исследованиями и техническое руководство геологоразведочными работами проводит производственно-техническая служба, а составление планов, экономический контроль и анализ деятельности геологоразведочных подразделений возлагается на экономическую службу геологических организаций.

В условиях непрерывного увеличения масштабов и совершенствования методов геологоразведочных работ, повышения издержек на их проведение и возрастания требований к качеству, количеству и геологическому размещению запасов полезных ископаемых необходимо коренное совершенствование системы планирования и руководства геологоразведочной службой. С этой целью в общегосударственной автоматизированной системе (ОГАС) при Министерстве геологии СССР создается отраслевая автоматизированная система управления и обработки геологоразведочной информации АСУ-Геология. Нижними ее звеньями будут автоматизированные системы управления министерств, геологических управлений союзных республик и территориальных геолого-производственных объединений. На еще более низких уровнях — в производственных геологических объединениях, экспедициях и партиях также создаются информационно-вычислительные центры. Каждое звено этой системы будет представлять всю необходимую информацию на более высокий уровень.

Система АСУ-Геология состоит из основы и функциональной части. В основу АСУ входит модель функционирования отрасли, информационная база, технические средства, методическое и математическое обеспечение комплекса.

Для решения задач прогнозирования и оценки конкретных геологических ситуаций в передовых организациях геологической службы СССР внедряется автоматизированная человеко-машинная система «Регион», основанная на рациональном сопряжении традиционных методов геологического прогнозирования и методов решения прогнозных задач с помощью ЭВМ. Система «Регион» состоит из территориального машинного фонда (банка) картографической и числовой информации, блока разработки вариантов решений, блоков диалоговых процедур, обработки и анализа данных.

Обработка и анализ исходной геологоразведочной информации в геологическом и экономическом аспектах позволит эффективнее планировать дальнейшие геологоразведочные работы и окажет воздействие на производственно-экономические решения. Автоматизированные системы будут способствовать повышению качества проводимых геологоразведочных работ, наиболее полному удовлетворению потребностей народного хозяйства и обороны страны в разведанных запасах полезных ископаемых.

## § 2. Перспективные, текущие и оперативные планы геологоразведочных работ

Планирование геологоразведочных работ включает в себя составление перспективных (долго- и среднесрочных), текущих (краткосрочных) и оперативных планов. Перспективное планирование охватывает сроки до пяти и более лет, текущее планирование — от месяца до года, а оперативное менее одного месяца. Перспективные и текущие планы могут составляться по отраслевому и территориальному принципам. Геологические организации разрабатывают планы по всей отрасли в целом, по рудным регионам и объектам, по видам полезных ископаемых, по видам и стадиям работ. Перспективное планирование геологоразведочных работ учитывает непрерывно возрастающие потребности народного хозяйства в минерально-сырьевых ресурсах, необходимость повышения качества минерального сырья и улучшения географического размещения месторождений.

Текущие планы геологических организаций разрабатываются с поименным перечнем всех разведываемых месторождений и установлением сроков завершения стадий геологоразведочных работ. Планирование и учет затрат производится отдельно по каждой стадии работ, по каждому виду полезных ископаемых по отдельным месторождениям и районам.

Разработка планов геологоразведочных работ производится в таком же порядке, как это установлено для всей системы народнохозяйственного планирования. Утвержденные Советом Министров СССР контрольные цифры развития геологоразведочных работ сообщаются по подчиненности всем звеньям геологической службы. Руководствуясь этими цифрами, низовые геологические организации — партии и экспедиции, составляют проекты перспективных и текущих планов геологоразведочных работ. На основании этих планов в каждом вышестоящем звене составляются сводные проекты планов, а окончательный сводный проект плана геологоразведочных работ направляется в Госплан СССР для включения в проект народнохозяйственного плана страны. После рассмотрения и утверждения народнохозяйственного плана в Совете Министров СССР он приобретает силу юридического закона, а планы геологоразведочных работ — значение директивных планов, обязательных к исполнению всеми геологоразведочными организациями.

На основе директивного плана разрабатывается план геологоразведочных работ. Важнейшим показателем этого плана является геологическое задание — конкретная условная установка, определяющая объект работ, необходимую стадию его изучения, общую методику его исследований, требования к конечным результатам и сроки выполнения работ. Геологические задания устанавливаются в натуральном и денежном выражении.

После утверждения проекта и сметы геологоразведочных работ составляются титульные списки объектов разведочных работ

с указанием по каждому из них полной сметной стоимости, а также объемов, выполненных к началу года и установленных на планируемый год. Титульные списки являются основными документами плана, которые способствуют правильному распределению ассигнований по отдельным объектам и концентрации средств на важнейшие из них.

### **§ 3. Производственные особенности геологоразведочных работ**

В отличие от большинства видов производственной деятельности геологоразведочным работам свойственны некоторые особенности, определяющие специфику их организации и проведения.

Главная особенность геологоразведочных работ заключается в том, что их результаты практически невозможно предсказать. При проведении поисков ориентируются на выявление перспективных объектов в контурах потенциально рудоносных площадей. Однако не исключается возможность их обнаружения и на других площадях, так же как и возможность получения отрицательных результатов. Закономерности статистического распределения рудных концентраций в недрах таковы, что при проведении поисково-разведочных работ на уже выявленных рудопроявлениях, вероятность их отбраковки в несколько раз выше вероятности их положительной прогнозной оценки. Даже при проведении разведочных работ сведения о запасах месторождения, условиях залегания и свойствах рудных образований весьма ориентировочны, особенно в начальные периоды разведки.

В процессе выполнения запроектированных геологоразведочных работ в распоряжение геолога непрерывно поступает новая информация о геологическом строении объекта, составе и закономерностях размещения полезных ископаемых. Под влиянием этой информации возникает потребность в пересмотре и корректировке ранее сложившихся представлений об объектах поисковых или разведочных работ, что неизбежно приводит к необходимости большего или меньшего изменения принятых ранее проектных решений. Только на поздних стадиях геологоразведочных работ и при сравнительно простом строении месторождения новые данные не изменяют, а лишь уточняют существующие представления.

К числу других особенностей геологоразведочных работ относятся:

широкий комплекс весьма различных, но взаимосвязанных видов основных и вспомогательных работ;

— отсутствие надежных материально-технической и энергетической баз, особенно на поисковых стадиях и в начале разведочных работ, часто при удаленности объекта от промышленных центров и транспортных магистралей;

— ограниченный срок проведения работ, их зависимость от сезона и климатических условий.

Вследствие перечисленных особенностей процесс геологоразведочных работ отличается нестабильностью. Проведение запроектованных объемов работ осложняется ранее непредвиденными обстоятельствами, а их последовательность нередко изменяется в зависимости от характера дополнительно получаемой информации. Все это требует непрерывного корректирования методики и технологии геологоразведочных работ, гибкой организации и оперативности их проведения.

Хорошей организации геологоразведочных работ способствуют: правильный выбор методики и техники работ, комплексная их механизация и автоматизация, комплектность оборудования и обеспеченность его запасными частями, наличие транспортной и ремонтно-механической баз, правильное определение потребностей в материальных ресурсах и четкая организация вспомогательных служб. Решающее влияние оказывают правильный подбор инженерно-технических и рабочих кадров, обеспеченность хороших социально-экономических условий и культурно-бытовое обслуживание трудящихся.

#### **§ 4. Очередность выполнения поисковых и разведочных работ и их взаимодействие во времени**

При проведении поисковых и разведочных работ существенное значение имеет очередность их выполнения, а также взаимная увязка отдельных видов геологоразведочных работ во времени. Для правильной организации геологоразведочных работ рекомендуется придерживаться двух основных правил:

1. Порядок выполнения основных разведочных операций должен определяться с учетом взаимозависимости их результатов. Так, например, работы по составлению специализированной геологической основы поисков данного масштаба должны опережать проведение собственно поисковых работ. В первую очередь это относится к составлению макетов аэрогеологических карт, проведению структурно-геофизических съемок и картировочному бурению. При правильной организации работ по предварительной проверке выявляемых аномалий и проявлений полезной минерализации они не должны заметно отрываться от времени проведения поисковых маршрутов и в то же время должны обеспечивать уверенную массовую отбраковку заведомо неперспективных объектов. Проходку двух (нескольких) поисковых или разведочных выработок можно осуществлять параллельно, если целесообразность проходки каждой из них не зависит от результатов изучения других. Если же результат изучения одной из них может сделать проходку других выработок ненужной, их следует проводить последовательно.

2. При поисках в закрытых районах поисковые скважины следует бурить по равномерной редкой сети, а при хорошей геологической изученности поверхности, обеспечивающей возможность уверенного локального прогнозирования оруденения,— по геологической целесообразности, в зависимости от конкретной обстановки.

## **§ 5. Календарные планы-графики выполнения работ**

Организационный уровень геологоразведочного производства находит свое отражение в календарных планах, составление которых производится на основе календарных планов-графиков работ. Календарные планы-графики определяют рациональную последовательность выполнения всех видов геологоразведочных работ в течение всего периода их проведения. Составление конструктивных и действующих планов-графиков представляет собой сложную и трудоемкую работу, поскольку требует учета и взаимной увязки важнейших геологических, технологических, экономических, организационных и других факторов. Поэтому их наличие свидетельствует о высокой степени организации геологоразведочного производства.

## **§ 6. Техника безопасности и противопожарные мероприятия при проведении геологоразведочных работ**

*Руководители геологоразведочных работ обязаны разрабатывать и внедрять меры, направленные на создание здоровых и безопасных условий труда при проведении любых видов геологоразведочных работ. Вопросы охраны труда и техники безопасности геологоразведочных работ излагаются в специальных разделах проектов на их проведение, в соответствии с «Правилами безопасности при геологоразведочных работах», утвержденных Госгортехнадзором СССР 20 марта 1979 года [23]. Ни один сотрудник геологической службы — от рабочего до руководителя производственной единицы — не может быть допущен к выполнению своих производственных обязанностей без сдачи соответствующего экзамена по технике безопасности, с учетом условий и особенностей проводимых работ. Вопросы техники безопасности составляют содержание специальной учебной дисциплины в планах подготовки инженеров-геологов всех специальностей. При проведении геологоразведочных работ в условиях повышенной опасности, а также в специфических природных условиях работники геологических организаций обязаны пройти специальную физическую подготовку (плавание, гребля, пользование альпинистским снаряжением, верховая езда, умение обращаться с огнестрельным оружием и т. д.), а также овладеть приемами оказания первой помощи при несчастных случаях и заболеваниях.*

Знание правил техники безопасности предполагает знакомство с требованиями к кадровому составу геологоразведочных организаций в зависимости от видов выполняемых работ, к эксплуатации геологоразведочной техники, аппаратуры и инструмента, организации лагерных стоянок и к безопасности геологоразведочного оборудования.

Правила безопасности устанавливаются с учетом специфики проводимых геологоразведочных работ. Для геологосъемочных и геологопоисковых работ устанавливаются общие

требования к проведению маршрутов, порядку передвижения маршрутных групп в различных природных условиях — лесных и горных местностях, лавиноопасных районах, в районах развития карста, в речных долинах, оврагах, заболоченных местностях и на площадях ранее разрабатывавшихся месторождений. Во всех случаях участники маршрутов должны быть проинструктированы о правилах передвижения с учетом особенностей местности. Категорически запрещается проведение маршрутов в одиночку.

Для геофизических работ правила техники безопасности устанавливаются с учетом специфики проведения наземных методов (сейсморазведки, электроразведочных, гравиразведочных, магниторазведочных и радиометрических работ), геофизических исследований в скважинах, подземных горных выработках и скважинах подземного бурения. Особые правила радиационной безопасности устанавливаются при использовании радиометрических и ядерно-геофизических методов.

При проведении гидрогеологических и инженерно-геологических работ в правилах техники безопасности учитываются особенности проведения опытных откачек, нагнетаний и наливов, режимных наблюдений и гидрометрических работ.

Правила техники безопасности при проведении буровых работ включают требования к строительно-монтажным работам, а также к различным видам бурения скважин, включая приготовление промывочных растворов и ликвидацию аварий.

При проведении горноразведочных работ в правилах техники безопасности учитываются особенности проведения, крепления, содержания и ремонта различных видов горных выработок, их проветривания, транспорта и водоотлива, борьбы с пылью, опасности прорывов вод и газов, предусматриваются требования к освещению выработок, связи и организации горноспасательной службы. Особые требования по технике безопасности предъявляются также к проведению морских геофизических и геологоразведочных работ, опробованию, к различным видам лабораторных и электротехнических работ, транспорту и производственной санитарии.

Действующие правила безопасности при геологоразведочных работах обязательны для всех организаций и учреждений, проводящих геологические съемки, поиски и разведку полезных ископаемых на территории нашей страны. При их выполнении должны также обеспечиваться требования других нормативных документов по охране труда и противопожарной безопасности, в частности «Типовые правила пожарной безопасности для промышленных предприятий» (1975 г.) и «Правила пожарной безопасности в лесах СССР» (1977 г.).

Применительно к проведению геологоразведочных работ правилами пожарной безопасности:

— запрещается очищать площадки под лагерные стоянки выжиганием в лесных районах, травянистых степях, камышах и др.;

— требуется соблюдение правил пожарной безопасности при оборудовании палаток временными печками или другими отопительными приборами;

— должны быть предусмотрены средства пожаротушения в лагерях, на автомашинах и самоходном передвижном оборудовании (буровых установках, геофизических станциях, шурфопроходческих агрегатах и т. д.), в помещениях для аккумуляторных батарей, ламповых помещениях и др.;

— запрещается пользоваться открытым огнем в подземных горных выработках.

## § 7. Мероприятия по охране окружающей среды

Все геологоразведочные работы должны выполняться с соблюдением основ законодательства об охране окружающей среды, а неблагоприятные последствия воздействий на окружающую среду при производстве геологоразведочных работ должны ликвидироваться организациями, производящими эти работы. При планировании и организации геологоразведочных работ особое внимание уделяется рациональному использованию минеральных ресурсов, полному комплексному геологическому изучению недр, наиболее полному извлечению запасов основных и совместно с ними залегающих полезных ископаемых. При этом должны приниматься меры по охране атмосферного воздуха, земной поверхности, лесов, вод и других природных объектов, а также зданий и сооружений от вредного влияния геологоразведочных работ. После окончания геологоразведочных работ земельные участки должны приводиться в безопасное и пригодное состояние для использования их в народном хозяйстве. Требования по охране и рациональному использованию недр, предъявляемые к геологоразведочным работам, изложены в Основах законодательства СССР и союзных республик о недрах.

### Контрольные вопросы

1. Перечислите важнейшие задачи управления геологоразведочными работами. Какова роль планирования, проектирования и организации геологоразведочных работ в управлении отраслью?
2. Охарактеризуйте функции производственно-технической и экономической служб геологоразведочных организаций.
3. С какой целью создается отраслевая автоматизированная система управления и обработки геологоразведочной информации (АСУ-Геология) и человеко-машинная система «Регион»?
4. Каковы цели, задачи и порядок перспективного, текущего и оперативного планирования?
5. Что входит в состав директивного плана геологоразведочных работ?
6. В чем заключаются основные производственные особенности геологоразведочных работ, определяющие специфику их организации и проведения?
7. Перечислите условия, обеспечивающие хорошую организацию геологоразведочных работ.
8. Перечислите основные правила, способствующие правильной организации геологоразведочных работ.

9. В чем заключается сложность календарных планов-графиков выполнения геологоразведочных работ?

10. Какие специфические особенности геологоразведочных работ учитываются правилами техники безопасности и пожарной безопасности?

11. Назовите важнейшие мероприятия по охране окружающей среды, которые должны выполняться при проведении геологоразведочных работ.

## Глава 2.

### **ПРОЕКТИРОВАНИЕ ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫХ РАБОТ**

Проект геологоразведочных работ составляется на основании планового задания, содержание которого выражено показателями директивного плана. Главным плановым показателем является геологическое задание в натуральном и денежном выражении (выявление ресурсов, прирост запасов и сумма ассигнований на выполнение геологоразведочных работ). Проект является основным техническим документом, определяющим содержание, методы, технические средства, пространственное размещение, сроки и последовательность проведения всех видов геологоразведочных работ. Проект и смета к нему должны обеспечивать применение наиболее прогрессивных методов поисков или разведок, новой техники и технологии геологоразведочных работ для выполнения заданий с минимальными затратами материальных и людских ресурсов.

Проекты утверждаются вышестоящими геологоразведочными организациями. По наиболее важным объектам — Министерством геологии СССР, по объектам со сметной стоимостью работ выше 1500 тыс. руб. — республиканскими министерствами или главными управлениями союзного министерства, а по остальным объектам — производственно-геологическими объединениями и крупными экспедициями.

Проекты состоят из графических материалов, таблиц и пояснительной записки к ним. Основные положения, методические и технические решения проектов отображаются на картах и чертежах, на которых обосновываются правильность постановки задач, выбор поисковых и разведочных методов, определяются и размещаются объемы геологоразведочных работ. Проекты геологоразведочных работ разделяются на две части: геолого-методическую и производственно-техническую. Смета к проекту составляется на весь объем работ, необходимых для выполнения геологического задания.

#### **§ 1. Геологическое задание и необходимость проектирования по стадиям геологоразведочных работ**

Геологическое задание, установленное планом геологоразведочных работ, приводится по разработанной форме.

### Форма геологического задания

Министерство (управление геологии союзной республики) \_\_\_\_\_

Производственно-геологическое объединение \_\_\_\_\_

Экспедиция \_\_\_\_\_

Партия \_\_\_\_\_

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

Раздел плана \_\_\_\_\_

Полезное ископаемое \_\_\_\_\_

Наименование объекта \_\_\_\_\_

Местонахождение объекта \_\_\_\_\_

### Геологическое задание

На \_\_\_\_\_  
(наименование работ, на которые выдано задание)

Основание выдачи геологического задания \_\_\_\_\_  
(наименование и дата документа)

1. Целевое назначение работ, пространственные границы объекта, основные оценочные параметры \_\_\_\_\_
2. Геологические задачи, последовательность и основные методы их решения \_\_\_\_\_
3. Ожидаемые результаты и сроки выполнения работ (с указанием форм отчетной документации) \_\_\_\_\_

Главный геолог \_\_\_\_\_

В геологическом задании указываются: наименование организации, отрасль и вид полезного ископаемого, документы, послужившие основанием для постановки работ, географическое положение и границы объекта, сроки выполнения работ и сроки представления отчетных материалов в ГКЗ СССР, ТКЗ или НТС производственно-геологического объединения. В задании четко определяются требования к конечным результатам работ с указанием качественных и количественных критериев его выполнения. Качественные критерии формулируются как задачи геологоразведочных работ по выявлению особенностей рудоносности или рудоконтроля конкретных геологических структур соответствующих масштабов формационной принадлежности месторождений, качественной и технологической характеристик полезных ископаемых и ожидаемых условий эксплуатации объектов. Количественные критерии устанавливаются в натуральном выражении, т.е. в весовых единицах прогнозных ресурсов или запасов полезного ископаемого, а также всех сопутствующих полезных компонентов по категориям их обоснованности или разведанности. Дополнительно оговариваются требования к качеству минерального сырья, горно-геологическим условиям эксплуатации месторождений, при-

водятся сведения о возможных потребностях сырья и другая информация, на основе которой должны оцениваться результаты геологоразведочных работ.

Геологическое задание формулируется с полнотой, обеспечивающей возможность проверки и оценки его выполнения в качественном и количественном отношении. Особое внимание обращается на четкое определение пространственных границ поисковых площадей и разведываемых объектов, на целевое назначение планируемых работ, технические средства и основные методы проведения поисковых и разведочных работ и требования к их конечным результатам.

В целях наиболее рационального и экономичного проведения геологоразведочных работ проекты и сметы к ним составляются раздельно по каждому объекту геологической съемки, поисков или разведки на сроки, необходимые для выполнения геологических заданий, связанных с самостоятельными стадиями или подстадиями геологоразведочных работ. Если эти сроки выходят за пределы календарного года, проект составляется на несколько лет, но, как правило, не более чем на три года.

Необходимость проектирования геологоразведочных работ по стадиям предопределяется требованиями принципа последовательных приближений и регламентируется действующими положениями Министерства геологии СССР. В этой связи названия проектов должны соответствовать геологическому заданию, отражать наименование объекта и стадии работ.

## **§ 2. Геологическое обоснование и геолого-прогнозная основа проекта**

Помимо геологического задания геолого-методическая часть проектов включает:

- географо-экономический очерк;
- обзор, анализ и оценку результатов ранее выполненных работ;
- геологическую характеристику объекта работ;
- описание методики и обоснование объемов проектируемых работ.

Географо-экономический очерк содержит сведения, необходимые для обоснования методики и организации геологоразведочных работ, расчета технико-экономических показателей их проведения и геолого-экономической оценки выявляемых объектов. В нем проводятся сведения о географическом положении и административной принадлежности района работ, его физико-географических, транспортных и энергетических условиях, водных и лесных ресурсах, промышленности и сельскохозяйственной освоенности. При характеристике физико-географических условий основное внимание уделяется описанию форм рельефа, гидросети и рассмотрению климатических условий района. Указываются абсолютные отметки рельефа, относительные превышения, крутизна

склонов, залесенность, заболоченность, условия проходимости и обнаженности. Рассматривается гидродинамический режим и судорожность рек, расходы и уровни вод в меженный и паводковый периоды, возможность использования рек для транспортных целей, питьевого и технического водоснабжения. Приводятся данные о среднегодовых и среднемесячных температурах, продолжительности периодов с положительной и отрицательной среднесуточной температурой, количестве осадков, регулярности их выпадения и распределения по месяцам, сведения о наличии и режиме многолетней мерзлоты. При описании транспортных условий определяются расстояния от объекта работ до ближайших железнодорожных станций, пристаней, аэродромов, шоссейных магистралей. Описывается состояние дорог и обосновывается необходимость дорожного строительства или применения специальных видов транспорта (вездеходов, самолетов, вертолетов, вьючного транспорта и т. д.).

Энергетические условия рассматриваются с позиций возможности получения готовой электроэнергии (электростанции и высоковольтные линии) для проведения геологоразведочных работ, а при их отсутствии, исходя из необходимости строительства собственной электростанции, возможностей использования топливных и других естественных ресурсов района (углей, торфа, сланцев, леса, деловой и крепежной древесины, строительных материалов и т. д.).

Первостепенное внимание уделяется характеристике промышленной освоенности района, наличие в нем горных предприятий, особенно добывающих и перерабатывающих данные виды минерального сырья. При описании сельского хозяйства района выясняется наличие на площади проектируемых работ сельскохозяйственных угодий и оценивается возможный ущерб совхозам и колхозам в связи с проведением геологоразведочных работ.

Географо-экономические условия района работ иллюстрируются обзорными картами, масштабными схемами или другими графическими документами, на которых показываются объекты работ, главные населенные пункты, пути сообщения и средства связи, важнейшие горнопромышленные и сельскохозяйственные объекты, линии электропередач и др.

В заключении очерка обосновывается необходимость применения специальных коэффициентов к заработной плате и других поправочных коэффициентов к действующим нормативам.

Обзор, анализ и оценка результатов ранее проведенных работ приводятся в проекте лишь по тем работам, которые имеют к нему непосредственное отношение. В этом разделе перечисляются сведения о ранее проводившихся геологических съемках, поисках, геофизических, геохимических и прочих специализированных исследованиях. Приводится оценка достоверности и кондиционности существующих геологических, гидрогеологических и других карт. Оцениваются результаты геологоразведочных работ всех предшествующих стадий, их качество,

методика и эффективность, достоверность выявленных запасов, оцененных прогнозных ресурсов и перспективы их увеличения. Приводятся рекомендации и заключения НТС производственно-геологических объединений, Всесоюзного научно-исследовательского геологического института (ВСЕГЕИ) и головных научно-исследовательских институтов ГКЗ СССР или ЦКЗ Министерства геологии СССР или союзных республик при рассмотрении и утверждении результатов ранее выполненных работ. К этому разделу прилагаются картограммы изученности района и объектов проектирования, перечень рукописных и изданных текстовых, табличных и картографических материалов с указанием авторов, лет изданий и мест хранения оригиналов.

Геологическая характеристика объекта работ содержит сведения по геологии и металлогении района, рудных узлов, полей и месторождений, вещественному составу полезных ископаемых, а также данные о закономерностях их пространственного размещения в конкретных геологических структурах, гидрогеологическую характеристику объектов работ и краткую историю их геологического развития.

Содержание этого раздела может меняться в зависимости от видов полезных ископаемых и целевого назначения проекта геологоразведочных работ.

При составлении проектов поисковых работ, в объеме необходимом для обоснования направления и методов поисков, излагаются данные по стратиграфии, тектонике, магматизму, вулканизму, металлогении и гидрогеологии района работ. Приводятся известные данные о проявлениях полезной минерализации в масштабах рудных полей, месторождений и рудопроявлений и их связях с геологическими структурами соответствующих масштабов. Характеризуются физические свойства горных пород, а также другие показатели, оказывающие влияние на выбор геофизических методов. Приводятся сведения об интенсивности, размерах и пространственном размещении геофизических и геохимических аномалий, ореолов и ареалов, суждения об их природе, глубинах залегания и возможных связях с конкретными полезными ископаемыми.

В проектах разведочных работ геологическое строение района и рудного поля описываются кратко, с детальностью, достаточной для понимания положения рудного поля в региональной структуре и положения месторождения в структуре рудного поля.

В характеристике геологического строения месторождения приводится краткое литолого-стратиграфическое описание разреза осадочных, пирокластических, эффузивных и метаморфических пород, петрографического состава и условий залегания изверженных пород, структуры месторождения и рудоконтролирующей роли отдельных структурных элементов. Более детально описываются морфологические особенности и зональность рудоносных образований на различных уровнях их строения, минеральный и химический состав полезного ископаемого, его структурные

и текстурные особенности, природные типы руд и признаки гипергенной зональности месторождения.

Раздел о геологической характеристике объектов работ завершается сведениями о гидрогеологии района и месторождения, описанием природных (ландшафтно-географических) условий ведения работ, соображениями о генетических типах месторождений и закономерностях пространственного размещения полезных ископаемых, определяющих комплекс поисковых или поисково-оценочных критериев рудоносности. Особо отмечаются все неясные вопросы геологического строения, требующие уточнения в процессе разведочных работ.

Основные особенности геологического строения района, узла рудного поля и месторождения иллюстрируются геологическими картами и разрезами к ним, фотографиями, зарисовками и другими графическими документами.

Важнейшим разделом проекта является описание методики и обоснование объемов проектируемых работ. Этот раздел составляется на основании анализа и обобщения всех известных геолого-минералогических, геофизических и геохимических данных, сведений о природных условиях и изученности объекта работ. В нем приводятся соображения о вероятной промышленной значимости объекта, геолого-прогнозная основа проекта, конкретизируются отдельные задачи, связанные с выполнением геологического задания, обосновывается методика, определяются виды и объемы геологоразведочных работ. Составление этого раздела включает последовательную разработку следующих основных вопросов:

— создание геолого-прогнозной основы проекта поисковых или разведочных работ с выделением площадей, участков или зон, различных по перспективности выявления ресурсов или запасов полезного ископаемого;

— конкретизацию задач проектируемых работ и размещение прогнозируемых ресурсов или ожидаемого прироста запасов по наиболее перспективным объемам недр;

— выбор комплекса методов и технических средств решения проектных задач, обоснование геометрии поисковой или разведочной сети и участков проведения детализационных работ;

— выбор методических и технических вариантов проектных решений;

— определение необходимых и достаточных объемов разведочных работ, технологии и организации их проведения.

Геолого-прогнозная основа для проектирования поисковых или разведочных работ создается путем сопоставления и сравнительного изучения всех известных геолого-геофизических, минералого-геохимических данных, с установленными поисковыми или поисково-оценочными критериями промышленной минерализации, с учетом выявленных закономерностей пространственного размещения полезных ископаемых в геологических структурах соответствующего масштаба.

В зависимости от размеров объекта проектирования и стадии геологоразведочных работ масштабы и детальность геолого-прогнозных карт (планов), разрезов и проекций могут существенно различаться. На геолого-прогнозной основе выделяются площади возможной, вероятной и установленной полезной минерализации (потенциальные рудные поля или месторождения), а в контурах выявленных месторождений — предполагаемые и установленные продуктивные зоны, толщи или залежи. При наличии достаточных данных в контурах каждой зоны или залежи могут выделяться подзоны и участки различной перспективности или продуктивности.

Геолого-прогнозные карты и разрезы способствуют уверенному выделению наиболее перспективных и продуктивных объемов недр в пределах объектов поисковых или разведочных работ, пространственному размещению прогнозируемых ресурсов или ожидаемого прироста запасов и выделению участков максимальной концентрации поисковых или разведочных работ.

При проектировании съемочно-поисковых работ масштаба 1:50 000 на геолого-прогнозной основе в контурах перспективного рудного узла прогнозируются территории потенциальных рудных полей, с выделением объектов опоскования первой и последующих очередей. Основные объемы поисковых и детализационных работ размещаются в пределах первоочередных площадей. Для опоскования второстепенных перспективных площадей, как правило, предусматриваются значительно меньшие объемы работ.

При проектировании поисковых работ масштаба 1:10 000 на геолого-прогнозной основе в пределах потенциального рудного поля прогнозируются площади потенциальных месторождений, также с разделением их по степени очередности. Основные объемы поисковых и детализационных работ проектируются в пределах первоочередных площадей.

При проектировании поисково-оценочных работ масштаба 1:2000 на геолого-прогнозной основе потенциального месторождения уточняются сведения о предполагаемом размещении его наиболее продуктивных участков и зон и оконтуриваются площади с неясными, но вероятными перспективами. Основные объемы поисково-оценочных работ размещаются в пределах наиболее перспективных участков, а в контурах с неясными, но вероятными перспективами оруденения проектируется выполнение необходимого минимума работ для их достаточно уверенной оценки.

При проектировании предварительной разведки на геолого-прогнозной основе в контурах месторождения выделяются предполагаемые и установленные продуктивные зоны, а иногда и зоны с неясными перспективами (рис. 1. и рис. 2). Основной объем разведочных работ размещается в пределах выявленных и предполагаемых продуктивных зон, а работы по выборочной детализации условий залегания, морфологии и строения полезного ископаемого и по изучению его технологических свойств — в пределах установленных продуктивных зон. Значительно меньший объем разведоч-

ных работ проектируется для оценки зон с неясными перспективами, и только единичные (контрольные) пересечения располагаются на перспективных площадях за пределами упомянутых зон

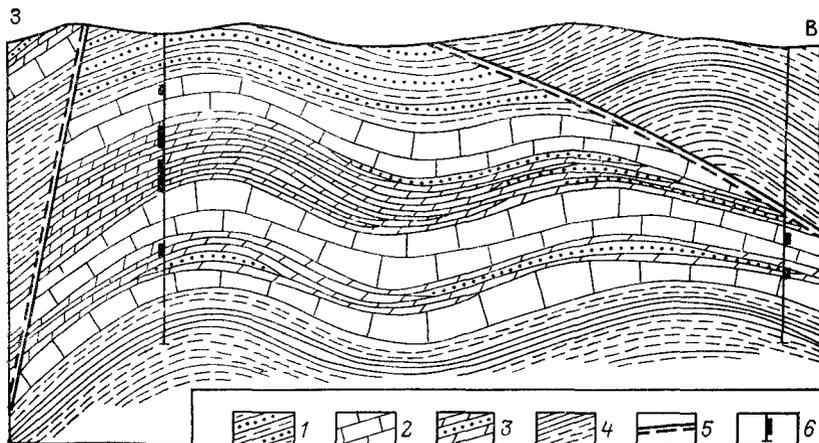


Рис. 1. Схематический геологический разрез стратиформного полиметаллического месторождения.

1 — песчано-алевролитовая толща, 2 — массивные известняки; 3 — рудовмещающие тонкослоистые доломиты, переходящие на востоке в песчано-доломитовые породы, 4 — глинистые сланцы; 5 — тектонические нарушения, 6 — скважины и рудные интервалы

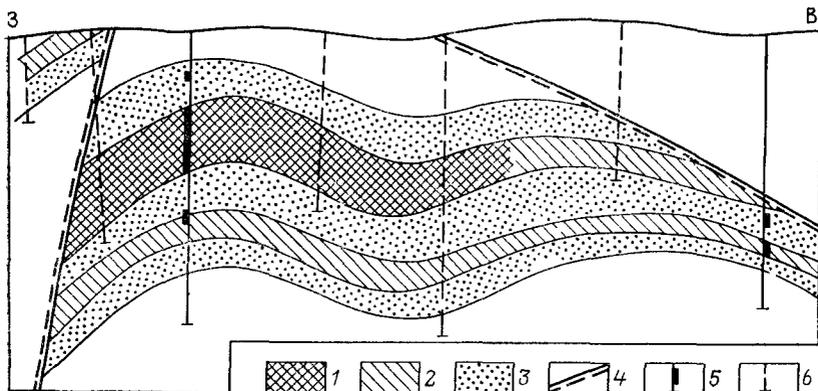


Рис. 2. Геолого-прогностическая схема для проектирования предварительной разведки стратиформного полиметаллического месторождения.

Продуктивные толщи: 1 — установленная, 2 — предполагаемая, 3 — площадь возможного развития рудных образований; 4 — тектонические нарушения, 5 — скважины и рудные интервалы; 6 — проектируемые скважины

При проектировании детальной разведки на геолого-прогностической основе выделяются установленные и предполагаемые продуктивные залежи, а в случаях их малых размеров и сложного строения — продуктивные зоны или толщи. Основные объемы разведоч-

ных работ проектируются в пределах предполагаемых продуктивных залежей (или в пределах установленных продуктивных зон), а детализационные работы — в пределах установленных продуктивных залежей или наиболее типичных участков выявленных продуктивных зон.

Для проектирования эксплуатационной разведки используется не геолого-прогнозная, а геометризованная геолого-маркшейдерская основа.

### **§ 3. Составление вариантов технических решений важнейших поисковых и разведочных задач и их геолого-экономическое обоснование**

*Выбор комплекса методов и технических средств решения проектных задач* производится с учетом целевого задания проекта, стадии геологоразведочных работ, вида полезного ископаемого, геологических и ландшафтно-географических условий объекта проектирования.

При проектировании съемочно-поисковых работ на территориях с одноярусным строением площади работ подразделяются на участки по сложности геологического строения, степени проходности, категории дешифрируемости аэрофотоматериалов и трудности опонискования современными поисковыми методами. В зависимости от принадлежности участков к той или иной группе для каждого из них выбирается комплекс наиболее эффективных геолого-минералогических, геофизических и геохимических поисковых методов, определяется необходимость и объемы картировочного и поискового бурения, виды и объемы поверхностных горных работ.

При проектировании съемочно-поисковых работ в районах двух- и трехъярусного строения соответственно возрастают объемы буровых и связанных с ними геофизических, геохимических и гидрогеологических работ.

Наиболее распространенным техническим средством разведки полезных ископаемых являются буровые скважины. Однако не во всех случаях они обеспечивают получение всей информации, необходимой для уверенной геолого-экономической оценки месторождения. При сложном геологическом строении месторождения и труднокартируемых рудоконтролирующих структурах, малых размерах, сложных морфологии и строении отдельных скоплений полезных ископаемых, склонности полезного ископаемого (или вмещающих жильных пород) к избирательному истиранию, а также при необходимости отбора технологических проб большой массы, в сочетании с буровыми скважинами проектируются горно-разведочные выработки.

Контрастность физических свойств полезных ископаемых и вмещающих пород обеспечивает широкие возможности для применения методов комплексного геофизического каротажа скважин и методов подземной геофизики в сочетании с разведочными

ных работ проектируются в пределах предполагаемых продуктивных залежей (или в пределах установленных продуктивных зон), а детализационные работы — в пределах установленных продуктивных залежей или наиболее типичных участков выявленных продуктивных зон.

Для проектирования эксплуатационной разведки используется не геолого-прогнозная, а геометризованная геолого-маркшейдерская основа.

### **§ 3. Составление вариантов технических решений важнейших поисковых и разведочных задач и их геолого-экономическое обоснование**

*Выбор комплекса методов и технических средств решения проектных задач* производится с учетом целевого задания проекта, стадии геологоразведочных работ, вида полезного ископаемого, геологических и ландшафтно-географических условий объекта проектирования.

При проектировании съемочно-поисковых работ на территориях с одноярусным строением площади работ подразделяются на участки по сложности геологического строения, степени проходимости, категории дешифрируемости аэрофотоматериалов и трудности опоскования современными поисковыми методами. В зависимости от принадлежности участков к той или иной группе для каждого из них выбирается комплекс наиболее эффективных геолого-минералогических, геофизических и геохимических поисковых методов, определяется необходимость и объемы картировочного и поискового бурения, виды и объемы поверхностных горных работ.

При проектировании съемочно-поисковых работ в районах двух- и трехъярусного строения соответственно возрастают объемы буровых и связанных с ними геофизических, геохимических и гидрогеологических работ.

Наиболее распространенным техническим средством разведки полезных ископаемых являются буровые скважины. Однако не во всех случаях они обеспечивают получение всей информации, необходимой для уверенной геолого-экономической оценки месторождения. При сложном геологическом строении месторождения и труднокартируемых рудоконтролирующих структурах, малых размерах, сложных морфологии и строении отдельных скоплений полезных ископаемых, склонности полезного ископаемого (или вмещающих жильных пород) к избирательному истиранию, а также при необходимости отбора технологических проб большой массы, в сочетании с буровыми скважинами проектируются горно-разведочные выработки.

Контрастность физических свойств полезных ископаемых и вмещающих пород обеспечивает широкие возможности для применения методов комплексного геофизического каротажа скважин и методов подземной геофизики в сочетании с разведочными

задачи случаем, когда геологическая информативность сравниваемых вариантов количественно оценивается как одинаковая.

Оценка экономической эффективности конкурирующих вариантов возможна по себестоимости геологоразведочных работ или по приведенным затратам с учетом или без учета фактора времени.

#### **§ 4. Методы сравнения конкурирующих вариантов и выбор оптимального варианта**

Несмотря на отсутствие методов количественной оценки геологической эффективности вариантов геологоразведочных работ их сравнение именно с этих позиций абсолютно необходимо, поскольку геолога, в первую очередь, интересует степень достижения поставленных целей при использовании тех или иных технических решений. При сравнении двух вариантов предпочтение отдается варианту, обеспечивающему более высокую геологическую эффективность, если же она оценивается примерно одинаково, то выбор варианта производится по себестоимости работ.

Сравнение вариантов использования различных технических средств целесообразно в случаях сравнительно простого геологического строения месторождения, когда по буровым скважинам могут быть получены удовлетворительные исходные данные, но буровая разведка из-за влияния неблагоприятных факторов заметно удорожается. Так, например, при разведке рудных месторождений в районах с резко расчлененным рельефом затраты на строительство подъездных путей и площадок для каждой буровой вышки резко удорожают себестоимость буровых работ. При разведке россыпей и некоторых штокверков возникает необходимость сравнения вариантов разведки колонковым и ударно-канатным бурением, а при изучении поверхности месторождений — вариантов вскрытия рыхлых отложений канавами, шурфами или поисково-картировочными скважинами.

При вариантах бурения с поверхности себестоимость работ возрастает пропорционально общему метражу скважины. В оценке себестоимости поверхностного бурения учитываются затраты на сооружение площадок и подъездов к ним, удорожание работ в зимнее время и др. При вариантах подземного бурения затраты возрастают главным образом за счет проходки специальных выработок-квершлагов и камер.

Необходимые и достаточные объемы работ, технология и организация их проведения определяются после выбора и обоснования наиболее эффективного варианта поисков или разведки с учетом их целей и задач, технических возможностей геологоразведочной организации, природных и географо-экономических условий разведываемого месторождения.

## § 5. Расчет экономической эффективности использования новой техники

Оценка экономической эффективности двух вариантов геологоразведочных работ по приведенным затратам практически целесообразна для случаев использования различных технических средств, в том числе и при использовании новой техники для выполнения одной и той же разведочной операции (бурения скважины, проходки горной выработки, опробования разведочного пересечения и др.).

Приведенные затраты представляют собой сумму текущих затрат, т. е. себестоимости  $C_i$  и единовременных капитальных вложений  $K_i$ , приведенных к одинаковой размерности, в соответствии с отраслевым нормативным коэффициентом эффективности капитальных вложений  $E_n$ .

Наилучшим вариантом использования технических средств (при условии достижения одинакового эффекта) является вариант, обеспечивающий минимум приведенных затрат:

$$C_i + E_n K_i \rightarrow \min.$$

При расчетах экономической эффективности вариантов показатели  $C_i$  и  $K_i$  могут применяться как в полной сумме капитальных вложений и себестоимости за весь период работ (или за год), так и в виде удельных величин в расчете на единицу работ. Например, если проектная себестоимость бурения 1 м скважины твердосплавными коронками составляет 14 руб. в год при удельных капитальных вложениях 0,3 руб/м, а себестоимость 1 м алмазного бурения комплектом технических средств ССК-59 — 8 руб. при удельных капитальных вложениях 0,39 руб/м, то, принимая  $E_n = 0,12$ , получим  $14 + (0,12 \cdot 0,3) > 8 + (0,12 \cdot 0,39)$ . Поскольку  $0,504 > 0,372$ , вариант бурения алмазными коронками обеспечивает меньшую величину приведенных затрат и является более эффективным.

Учет фактора времени при сравнении различных вариантов разведки достигается путем умножения общих или приведенных затрат по каждому варианту на коэффициент приведения  $(1 + E_n)^t$ , где  $t$  — период времени, необходимый для выполнения всех видов работ по данному варианту в годах. Фактор времени учитывается только тогда, когда длительность разведочных работ измеряется годами, а проектируемые варианты резко различаются по срокам выполнения.

## § 6. Производственно-техническая часть проекта

В производственно-технической части проекта конкретизируются технология проведения и организация геологоразведочных работ, выполняются технические расчеты и устанавливаются технико-экономические показатели по всем видам работ. Определяются объемы и методы вспомогательных работ, решаются вопросы быта и техники безопасности, устанавливается комплекс ме-

роприятий по гражданской обороне и охране окружающей природы.

Содержание производственно-технической части зависит от комплекса запроектированных работ. В общем случае она включает общий раздел, разделы по конкретным видам проектируемых работ и раздел по организационно-производственным и хозяйственным вопросам.

В общем разделе приводится характеристика общей организации работ, расположение баз снабжения, производственных мастерских, лабораторий и других служб. Описываются способы связи с базами и вышестоящими геологическими организациями.

В разделах по конкретным видам проектируемых работ рассматриваются их объемы, отдельно по природным и техническим условиям проведения, определяются типы приборов и технического оборудования. Рассчитываются затраты времени и основные технико-экономические показатели по каждому виду геологоразведочных работ.

В разделе организационно-производственных и хозяйственно-бытовых вопросов описывается проектируемая организация связи, водоснабжения, производственных мастерских и лабораторий, строительство временных зданий и сооружений энергетического хозяйства. Рассчитывается объем перевозок, описывается организация транспорта, быта сотрудников, снабжения партии продовольствием и приводятся основные технико-экономические показатели по транспортировке грузов и строительству временных зданий и сооружений. Проектируются мероприятия по охране труда и технике безопасности при проведении всех видов геологоразведочных работ, противопожарные меры и мероприятия по гражданской обороне объектов партии. Особое внимание уделяется мероприятиям по охране недр и окружающей среды от вредного влияния проектируемых геологоразведочных работ.

В конце проекта приводится ожидаемая эффективность затрат на производство геологоразведочных работ.

## **§ 7. Составление смет на проведение поисковых и разведочных работ**

Смета затрат на производство геологоразведочных работ, составляемая к проекту, содержит расчет себестоимости единиц основных видов работ, сметной и плановой стоимости всех запроектированных геологоразведочных и вспомогательных работ (транспортировки, временного строительства и др.) с учетом фактически достигнутого за последние годы снижения сметных норм и намечаемых в проекте мероприятий по внедрению новой техники и технологии производства.

На основе проектно-сметной документации разрабатывается календарный план проведения геологоразведочных работ. В отдельные очереди этого плана выделяются законченные по содержанию задачи, решение которых необходимо для выполнения геологического задания в целом. Для каждой очереди устанавливается сметная стоимость работ по ее выполнению. Календарный план является основным документом, по которому контролируется и финансируется деятельность геологоразведочных организаций. Составление проектов и смет производится в соответствии с методическими указаниями и инструкциями по производству отдельных видов работ, инструкциями о порядке планирования, проектирования и финансирования геологоразведочных работ и справочниками укрупненных проектно-сметных норм на геологоразведочные работы (СУСН).

#### Контрольные вопросы

1. Каково назначение и содержание геологического задания как главного планового показателя геологоразведочных работ?

2. В чем заключается смысл проектирования геологоразведочных работ по стадиям?

3. Расскажите содержание геолого-методической части проекта геологоразведочных работ

4. Какие требования предъявляются к геолого-прогнозной основе проектирования поисковых и разведочных работ?

5. С учетом каких факторов следует производить выбор методических и технических вариантов проектных решений?

6. Расскажите о методах сравнения конкурирующих вариантов проектных решений по их геологической и экономической эффективности?

7. На основании каких данных производится выбор оптимального варианта проектного решения?

8. В чем заключается методика расчета экономической эффективности использования новой техники?

9. Расскажите о содержании производственно-технической части проекта.

10. Как составляются сметы на проведение поисковых и разведочных работ?

## Часть II.

# ПОИСКИ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

---

Поиски полезных ископаемых включают в себя комплекс работ, направленных на выявление благоприятных геологических предпосылок и признаков рудоносности, имеющий своей целью обнаружение и прогнозную оценку проявлений и ресурсов полезных ископаемых. Для эффективного проведения поисков необходима доброкачественная геологическая основа, создание которой входит в задачу предшествующих поискам геологических, геофизических и геохимических съемок. Изучение геологического строения территорий не только предшествует проведению поисковых работ, но и сопровождает их, совершенствуя и специализируя ранее созданную основу.

### Глава 3.

## СОСТАВЛЕНИЕ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ ОСНОВЫ ПОИСКОВ

Геологическую основу поисков составляет комплект карт, включающий специализированную геологическую карту заданного масштаба, карты, отражающие результаты структурно-геофизических съемок, ландшафтные, районирования территорий по условиям ведения поисковых работ, геолого-геофизические и геохимические карты специального назначения.

### § 1. Объекты и масштабы проведения поисковых работ

Объектами поисков служат либо сами месторождения полезных ископаемых, либо группы сближенных месторождений, образующие рудные поля. С учетом практики геологоразведочных работ, возможностей и разрешающей способности выборочных наблюдений различных масштабов установлено, что выявление и прогнозная оценка большинства месторождений эффективна лишь при поисках масштаба 1:10 000 в пределах потенциальных рудных полей. При поисках более мелкого масштаба (1:50 000 — 1:25 000) могут быть выявлены лишь весьма крупные месторождения сравнительно простого геологического строения. К их числу относятся месторождения ископаемых углей, минеральных солей, фосфоритов, осадочные месторождения железа и марганца и некоторых других полезных ископаемых. Таким образом, на стадии поисковых работ, которая проводится в пределах потенциальных рудных узлов, на основе геологической карты масштаба 1:50 000 объектами оценки являются потенциальные рудные поля, а на более де-

тальной стадии, которая проводится уже в контурах обнаруженных рудных полей, на основе специализированной геологической карты масштаба 1 : 10 000 — потенциальные месторождения полезных ископаемых. Соблюдение этих требований обеспечивает необходимую последовательность поисковых работ и способствует объективной оценке полученных результатов

## **§ 2. Геологическая карта как основа для выявления благоприятных предпосылок полезных ископаемых**

Наличие достоверной геологической карты — обязательное условие эффективности поисков, обеспечивающее их разумное направление и комплексирование. Поэтому геологические съемки, одно-масштабные с поисковыми работами, должны рассматриваться как важнейшие составные части поискового процесса. Проведение геологических съемок масштабов 1 : 50 000 и крупнее возможно обычными площадными, полистными или групповыми методами, с визуальной, полуинструментальной или инструментальной привязкой наблюдений, в комплексе с глубинным картированием нижних структурных ярусов или без него. Во всех перечисленных случаях основным назначением геологосъемочных работ является выяснение поисковых геологических предпосылок, определяющих размещение потенциальных рудных полей в структурах рудных узлов, а затем — размещение потенциальных месторождений полезных ископаемых в структурах рудных полей для целенаправленного их поиска и выявления.

Поскольку масштабы поисковых работ ограничиваются территориями рудных узлов и полей, в задачи геологических съемок входит особенно тщательное изучение и картирование условий проявления тех полезных ископаемых, обнаружение которых наиболее вероятно в их пределах. В отличие от обычных геологических съемок главное внимание уделяется выявлению важнейших поисковых предпосылок прогнозируемых полезных ископаемых, а их изучение проводится с предельно возможной детальностью. Геологические образования, не определяющие условий размещения полезных ископаемых данного рудного узла или поля, изучаются менее детально, в чем и проявляется специализация геологических съемок.

По условиям геологического строения, определяющим методику и состав геологосъемочных работ, обычно выделяются пять типов рудных узлов (бассейнов) и расположенных в их пределах рудных полей (месторождений).

1. Узлы и поля в районах распространения рыхлых четвертичных (иногда неоген-четвертичных) отложений с перспективами выявления россыпных месторождений алмазов, золота, платины, ильменита, циркона, рутила, монацита, касситерита, колумбита и некоторых других полезных минералов. В таких районах четвертичные отложения являются объектами специализированного детального картирования и расчленяются не только на генетические типы с выделением и оконтуриванием

образований различного литологического состава, но и на отдельные климато-стратиграфические горизонты и подгоризонты. Возрастная датировка четвертичных отложений должна быть обоснована палеонтологическими, микрофаунистическими, палинологическими или карпологическими определениями, радиоуглеродными и палеомагнитными датировками в комплексе с изучением литологических и текстурных признаков отложений. В таких районах необходимо проведение всесторонних геоморфологических наблюдений для выявления относительного положения четвертичных отложений в разрезах и их связей с современными и древними формами рельефа, с обязательным составлением геоморфологических карт, оценкой мощностей четвертичных отложений в различных геоморфологических обстановках, расшифровкой их структур и характера неотектонических движений. Особо важное значение приобретает в этих условиях выделение и изучение кор выветривания, а также осадочных образований, могущих играть роль промежуточных коллекторов с оконтуриванием площадей их распространения, состава пород и перекрывающих их отложений.

2. Бассейны, узлы и поля в районах распространения недислоцированных или слабодислоцированных покровных осадочных отложений с перспективами выявления осадочных месторождений железа, марганца, минеральных солей, фосфатов, серы, угля, остаточных месторождений бокситов, марганца и никеля, месторождений нефти и газа. В районах активизированных платформ осадочные отложения часто прорываются интрузивными образованиями, в связи с чем они перспективны на выявление редкометальных нефелиновых сиенитов, карбонатитов, сульфидно-никелевых месторождений и алмазных кимберлитов. В задачи геологических съемок в таких районах входит детальное (обычно послойное) литолого-стратиграфическое изучение разрезов осадочных пород с выявлением опорных и потенциально продуктивных горизонтов на те или иные полезные ископаемые, с построением детальных литолого-фациальных разрезов и карг, карт опорных и продуктивных горизонтов. При наличии пластовых или секущих интрузивных образований устанавливаются их возрастные взаимоотношения с осадочными породами, изучается послойная дифференциация пластовых интрузий, строение и зональность секущих интрузий, оцениваются их петрохимические особенности и геохимическая специализация. Особенно тщательно изучаются зоны метасоматических изменений вмещающих пород и связанные с ними признаки рудоносности.

3. Узлы и поля в районах распространения недислоцированных или слабодислоцированных покровных вулканогенных и осадочно-вулканогенных образований, перспективных на выявление медно-молибденовых, ртутно-золото-серебряных, флюорит-урановых, молибден-вольфрам-золоторудных, касситерит-полиметаллических и некоторых других месторождений. При составлении специализированных геологических карт для целей поисков подобных узлов

и полей особое внимание обращается на детальное расчленение вулканогенных образований, изучение и прослеживание литологических разностей осадочных и вулканогенных пород, их взаимоотношений и положения в разрезах отдельных вулканических построек. Местные литолого-стратиграфические подразделения выявляются друг с другом, устанавливается направленность процессов вулканизма и общая стратиграфическая схема вулканогенных отложений. Особое внимание уделяется расшифровке вулканотектонических структур, установлению центров извержений и их связей с элементами разрывной тектоники. Выявляются связи проявлений полезных ископаемых с определенными этапами и стадиями вулканизма, фациями вулканогенных образований, экзурзиями, дайковыми поясами, зонами метасоматически измененных пород, кольцевыми и линейными тектоническими нарушениями.

4. Узлы и поля в районах распространения дислоцированных осадочных и вулканогенно-осадочных образований с прорывающими их интрузивными породами, перспективные на выявление колчеданных и скарновых железорудных, медных и полиметаллических месторождений, хромито- и асбестоносных гипербазитов, титаномagnetитов, стратиформных медных и полиметаллических месторождений редкометальных грейзенов, полиформационных оловянных и других месторождений. Специализация геологических съемок при поисках в складчатых комплексах зависит от формационных типов прогнозируемых полей и месторождений.

Для выявления ведущих поисковых предпосылок колчеданных и стратиформных месторождений особо важное значение имеет тщательное литолого-стратиграфическое изучение разрезов с применением методов ритмостратиграфического анализа, а для выявления предпосылок магматогенных месторождений — изучение последовательности формирования интрузий, их состава, зональности и внутреннего строения, взаимоотношений друг с другом, геохимической и металлогенической специализации с выделением участков, благоприятных для концентрации связанных с ними металлов. При картировании складчатых комплексов первостепенное значение приобретает выяснение форм, строения, типов и возрастов складчатых и разрывных структур, выделение и прослеживание местных стратиграфических подразделений, маркирующих и продуктивных горизонтов, толщ и пачек пород, наиболее благоприятных для локализации оруденения, а также выявление и оконтуривание метасоматически измененных пород, изучение их зональности, связей с элементами геологического строения и проявлениями рудной минерализации.

5. Узлы и поля в районах распространения глубокометаморфизованных пород, перспективные на выявление железистых кварцитов и кор их выветривания, древних метаморфизованных полиметаллических и золото-урановых месторождений, редкометально-мусковитовых пегматитов и некоторых других полезных ископаемых, также заслуживают специализиро-

ванного геологического изучения. Помимо требований, предъявляемых к геологическим картам складчатых районов, при картировании метасоматических комплексов необходимо изучить и выделить зоны и фации метаморфизма, установить взаимоотношения между ними и оценить роль метаморфических процессов в образовании или изменении месторождений полезных ископаемых. По мере возможности желательно реставрировать исходные составы, первичные структуры и текстуры метаморфических пород, проследить границы и оконтурить площади их распространения, изучить структурную эволюцию метаморфических комплексов и конкретные (в частности, куполовидные) структуры. Для выявления связей процессов рудообразования с этапами деформации пород желательно детальное изучение морфологии и особенностей внутреннего строения крупных тектонических разломов.

При избылии рудоконтролирующих факторов и большом разнообразии поисковых предпосылок прогнозируемых рудных полей или месторождений во избежание перегрузки карты рекомендуется составлять несколько специализированных карт, отражающих различные аспекты предполагаемого рудоконтроля — литолого-фациальный, структурный, магматический, палеовулканический и др.

При проведении специализированных геологических съемок используются материалы различных дистанционных методов изучения Земли (в первую очередь, материалы аэрофотосъемок), а также материалы аэрогеофизических (аэромагнитных, аэрогамма-спектрометрических и т. д.) и наземных (в частности, гравиметровых) съемок.

Как правило, работы по составлению геофизической основы карт должны предшествовать проведению геологических съемок, а специализированные геологические съемки должны опережать поисковые работы. Во всяком случае, они должны быть полностью завершены к моменту интерпретации результатов поисковых работ.

### **§ 3. Требования к кондиционности геологических карт**

Детальность изучения геологических структур определяется масштабом геологосъемочных работ, а достоверность составляемых карт зависит от полноты и качества выполнения тех требований, которые предъявляются к геологическим картам данного масштаба. Под кондиционностью геологических карт подразумевается степень их обоснованности фактическими данными, обеспечивающая достоверность и заданную детальность изображения геологических объектов.

Хотя масштабы геологических съемок и определяются, прежде всего, плотностью сети наблюдений, общая протяженность и густота геологических маршрутов, число точек наблюдений или других показателей объемов выполненных полевых работ не могут служить критериями кондиционности геологических карт. Их качество и достоверность определяются совокупностью требований к детальности и обоснованности стратиграфического расчленения

разреза, выяснению состава и возрастных взаимоотношений магматических пород, прослеживанию тектонических нарушений и границ между различными геологическими телами.

Границы основных стратиграфических подразделений, магматических образований и тектонических нарушений считаются прослеженными по простиранию, если они: прослежены прямыми геологическими наблюдениями, отдешифрованы на аэрофотоснимках, установлены по совокупности геофизических, геохимических, геоботанических или других данных, пересечены смежными маршрутами на расстояниях не больше 1—3 см на карте или прослежены по элювиально-делювиальным высыпкам. Для карт масштаба 1:50 000 точность изображения границ на местности должна быть не менее  $\pm 100$  м, а для карт масштаба 1:10 000 — не менее  $\pm 20$  м, причем доля прослеженных границ должна быть заведомо выше доли предполагаемых.

Детальность стратиграфического расчленения разрезов также определяется масштабами съемок и зависит от типов расчленяемых толщ. На картах масштаба 1:50 000 должны быть выделены все горизонты покровных осадочных отложений, мощность которых превышает 50 м, и все толщи вулканогенных образований и складчатых комплексов мощностью более 500 м. На картах масштаба 1:10 000 самостоятельно выделяются и картируются пакки стратиграфических подразделений, соответственно, более 15 и 150 м.

Магматические породы должны быть расчленены на картах масштаба 1:50 000 на фации, образующие самостоятельные фазы внедрения (или излияния), с выяснением возрастных взаимоотношений образований каждой интрузивной фазы, глубин их формирования, эрозионных срезов, геохимической и металлогенической специализации. На картах масштаба 1:10 000, кроме того, оконтуриваются все малые интрузии, вулcano-тектонические структуры и дайковые пояса.

Складчатые и разрывные нарушения разделяются по типам, возрастам и морфологии, выясняются основные этапы их развития, жильное выполнение, метасоматические и динамометаморфические изменения. На карты выносятся разрывные и складчатые нарушения соответствующих масштабов, размеры которых достигают по крайней мере нескольких сантиметров. Для карт любых масштабов обязательно выявление и прослеживание кор выветривания с разделением их на геохимические типы.

При оценке кондиционности геологических карт учитываются степень и эффективность использования при их составлении аэрофотоматериалов и материалов других дистанционных методов.

#### **§ 4. Структурно-геофизическая основа карт**

Проведению специализированных геологических съемок должно предшествовать структурно-геофизическое изучение территории с составлением соответствующих карт. Для выбора комплекса опе-

режающих геофизических методов изучаются результаты ранее проведенных структурно-геофизических съемок масштаба 1:200 000, выполнявшихся при составлении геологической карты района работ. В частности, оцениваются эффективности: проведенного глубинного сейсмического зондирования для выделения глубинных разломов и расчленения разреза горизонтально залегающих вулканогенно-осадочных и метаморфических толщ; гравиметровой съемки для выявления зон подкоровых и коровых разломов, крупных тектонических нарушений, массивов интрузивных пород, складчатых структур, рельефа кровли кристаллического или складчатого основания; аэромагнитной съемки для уточнения положения разломов и крупных тектонических нарушений, интрузивных массивов, областей проявления длительных и многофазных магматических процессов или формационному расчленению пород кристаллического фундамента.

В качестве структурной основы специализированных геологических карт масштаба 1:50 000 обычно используются результаты гравиметровой и аэромагнитной съемок тех же масштабов. По данным гравиметровой съемки картируются разнородные комплексы пород и рельеф складчатого фундамента, выявляются и прослеживаются коровые разломы и крупные тектонические нарушения. Данные аэромагнитных съемок способствуют прослеживанию важнейших систем тектонических нарушений, массивов изверженных пород, дайковых поясов, толщ и горизонтов осадочных и метаморфических пород, а также зон и полей метасоматически измененных пород.

Электроразведочные работы масштаба 1:50 000 проводятся в модификациях ВЭЗ, ДЭЗ, СЭП, ПЭЭП и т. д. для литолого-петрографического расчленения толщ и горизонтов в разрезах фундамента, складчатого основания или покровов осадочно-вулканогенных пород, изучения рельефа кровли фундамента и выявления тектонических нарушений. В благоприятных условиях для этих целей может проводиться также аэроэлектроразведка масштаба 1:50 000 или сейсморазведочные исследования.

Для целей специализированного геологического картирования масштаба 1:10 000 широко используются магнитные съемки и электроразведочные работы. По данным магнитных съемок повышенной точности возможно литолого-петрографическое расчленение разреза, выявление рудоконтролирующих горизонтов и пачек, тектонических нарушений, дайковых поясов, контактов интрузивных пород, зон околорудных метасоматитов и других геолого-структурных элементов рудных полей.

Электроразведочные работы в модификациях ВЭЗ, ЭП, ВП и т. д. используются для определения мощностей покровов рыхлых отложений или осадочных пород, выявления и прослеживания тектонических нарушений, дайковых поясов, контактов пород, зон метасоматитов и других геолого-структурных элементов.

Большую помощь при создании специализированных геологических карт может оказать использование аэрогамма-спектромет-

рических данных. Сравнительное изучение и специальная математическая обработка наблюдаемых полей урана (радия), тория

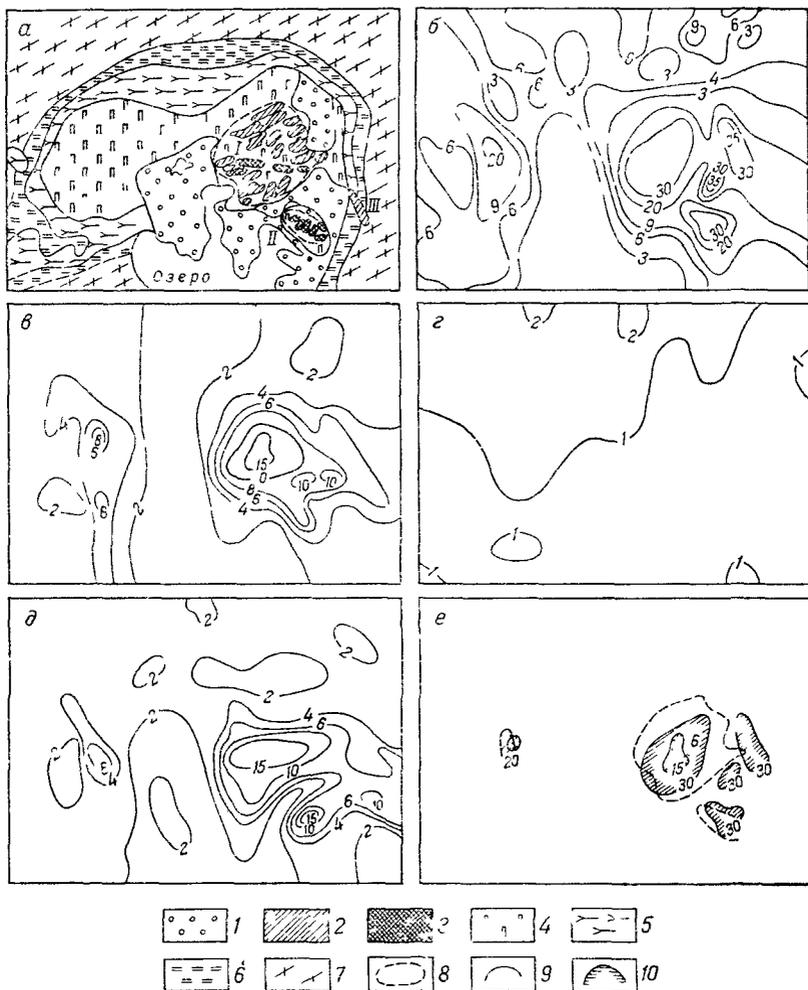


Рис 3 Схемы проявления карбонатитового рудного поля по данным аэрогамма-спектрометрической съемки [4].

а — геологическая, б — концентраций тория ( $10^{-4}\%$ ), в — концентраций урана ( $10^{-4}\%$ ); г — концентраций калия, д — интегральной интенсивности гамма поля, е — интерпретационная

1 — четвертичные отложения, 2 — карбонатиты, 3 — апатит-форстерит магнетитовые породы; 4 — пироксениты, 5 — ийолиты и мельтейгиты, 6 — феинитизированные гнейсы, 7 — гранито-гнейсы, 8 — контур месторождения Участки с максимальными содержаниями 9 — урана ( $10^{-4}\%$ ), 10 — тория ( $10^{-4}\%$ )

и калия позволяют не только выявлять площади, перспективные для поисков месторождений радиоактивных элементов, но и оконтурировать поля и зоны метасоматически измененных пород, с кото-

рыми пространственно могут быть связаны постмагматические месторождения многих цветных, редких и благородных элементов. Так, например, зоны альбититов выявляются повышенными содержаниями тория и резко пониженными содержаниями калия, зоны березитов и аргиллизитов — повышенными содержаниями калия на отчетливо пониженном фоне тория. Для иллюстрации возможностей гамма-спектрометрии на рис. 3 показаны особенности проявления карбонатитового рудного поля по аэрогамма-спектрометрическим данным.

Радиометрические данные широко используются и при геологическом картировании. Они способствуют прослеживанию контактов пород, разделению интрузивных массивов, выявлению даек щелочных пород и пегматитов.

Во всех случаях опережающие геофизические работы, их виды, объемы и сроки проведения должны быть строго увязаны с планами геологосъемочных работ и способствовать единой цели — максимально полному выявлению поисковых предпосылок полезных ископаемых в заданном масштабе.

## **§ 5. Использование космо- и аэроснимков при составлении геологических и ландшафтных карт**

При составлении специализированных геологических и ландшафтных карт используются материалы аэросъемок и космических съемок, качество которых отвечает требованиям геологического и ландшафтного дешифрирования. В связи с высокой разрешающей способностью аэро- и космоснимков применительно к ландшафтному дешифрированию при поисках используются ландшафтные карты заведомо более мелких масштабов по сравнению с масштабными специализированных геологических съемок. Обычно при поисках масштаба 1 : 50 000 используются ландшафтные карты масштаба 1 : 200 000, а при поисках масштаба 1 : 10 000 — ландшафтные карты масштаба 1 : 50 000. Ландшафтные карты более крупных масштабов составляются лишь выборочно — на ключевые участки.

Оптимальные условия предусматривают использование материалов дистанционных методов трех масштабов, различающихся между собой не менее чем в три раза. Основной масштаб аэрофотоснимков должен соответствовать масштабу специализированной геологической съемки. Для проведения детализированных работ на ключевых участках используются аэрофотоснимки более крупного масштаба, а для расшифровки положения поисковой площади в региональных структурах — снимки более мелкого масштаба. Так, например, для составления специализированной карты масштаба 1 : 50 000 могут использоваться среднемасштабные контактные отпечатки (1 : 50 000 — 1 : 65 000), для детализированных работ — крупномасштабные (1 : 8 000 — 1 : 10 000), а для выяснения региональных структур — высотные аэроснимки (мельче 1 : 100 000) или радиолокационные снимки (1 : 180 000 — 1 : 200 000).

Ценные дополнительные сведения для расшифровки регионально-геологического положения бассейнов или рудных узлов могут быть получены и при дешифрировании локальных и детальных космоснимков, масштабы которых изменяются от 1 : 100 000 до 1 : 1 000 000.

В настоящее время наиболее широко используются черно-белые фотоснимки, обеспечивающие основные требования к их информативности. Использование цветных, спектро- и мнгозональных фотоснимков, инфракрасных и радиолокационных и других видов съемок особенно эффективно при ландшафтном дешифрировании для выяснения различий растительного покрова, а иногда и горных пород. При съемках в горных районах для выявления блоковых линейных и кольцевых структур хорошие результаты обеспечивает дешифрирование радиолокационных (радарных) снимков.

Предварительное дешифрирование всех материалов аэросъемок и космических съемок, составление предварительных аэрофото-геологических и ландшафтных карт на всю площадь проектируемых геологосъемочных и поисковых работ завершается уже в первый предполетный период. В дальнейшем эти материалы используются при проведении как полевых, так и камеральных работ для оперативной обработки новых данных и окончательной увязки карт.

## **§ 6. Составление карт районирования территорий по природным условиям поисков**

Карты, отражающие особенность современных и палеоландшафтных условий изучаемых территорий, служат основой для их районирования по трудности опоскования отдельных площадей, по эффективности применения тех или иных технических средств или комплексов поисковых методов, а также для оценки степени достоверности прогнозов и результатов поисковых работ. С этой целью составляются специализированные карты районирования территорий по глубинам эрозионных срезоз, карты критических мощностей или глубин залегания горизонтов, представительных для проведения поисковых работ, карты достоверности проведенных работ и другие карты, способствующие оптимизации условий геологоразведочных работ и оценке их результатов.

В качестве примера на рис. 4 приводится участок среднемасштабной ландшафтной карты одного из районов таежного среднегорья, составленной комплексным методом. Особенности палеоландшафтных условий пострудного периода нашли свое выражение в развитии гетерогенных водораздельных ландшафтов на реликтах древних поверхностей выравнивания. В облике, строении и свойствах этих поверхностей отражаются особенности древних типов геолого-географического развития района. В пределах гетерогенных ландшафтов сохранились рыхлые отложения со сложным строением разреза и с глинистыми корами выветривания в основа-

нии. Поэтому на площадях их развития встречаются погребенные или значительно ослабленные ореолы рассеяния элементов-инди-

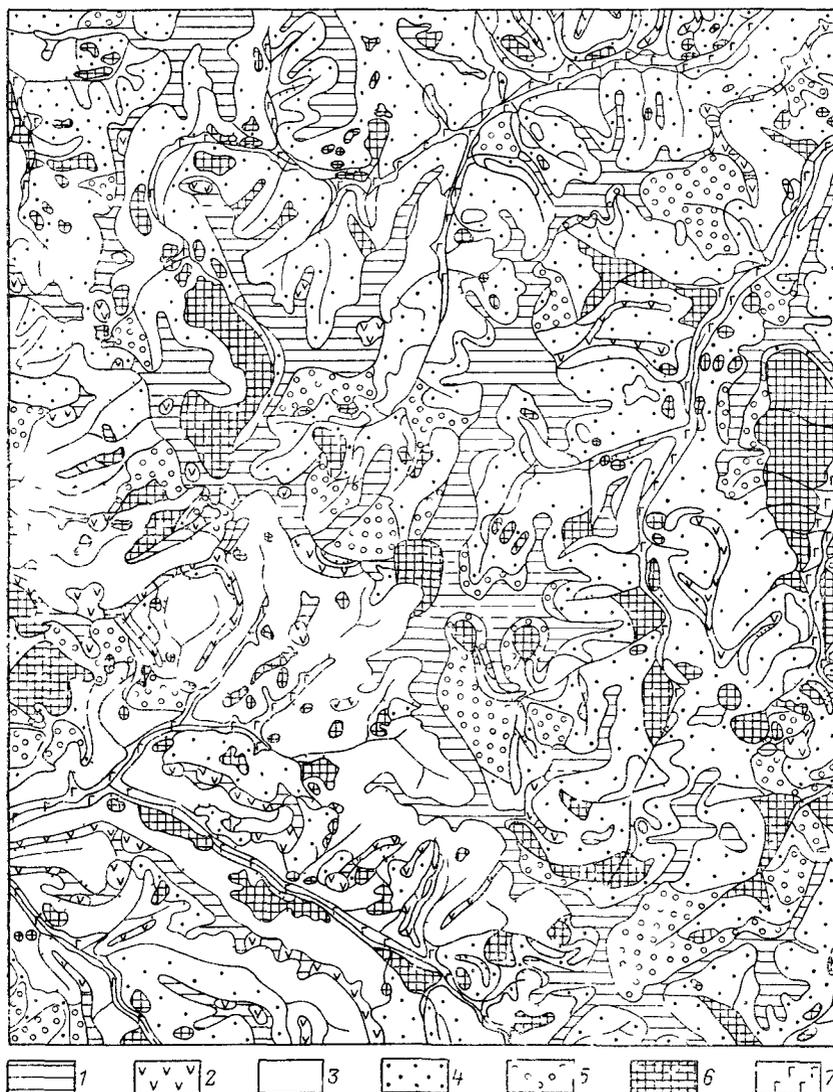


Рис. 4. Ландшафтная карта района таежного среднегорья

Ландшафты 1 — гетерогенные водораздельные, 2 — гомогенные водораздельные, 3 — крутых склонов, 4 — склонов средней крутизны, 5 — пологих склонов, 6 — аккумулятивные, 7 — аллювиальные

каторов и спутников оруденения, для выявления которых необходимо проведение глубинных методов поисков. В то же время для гомогенных водораздельных ландшафтов, сформированных в ос-

новном современными эрозивно-денудационными процессами, характерно развитие открытых легко выявляемых остаточных ореолов.

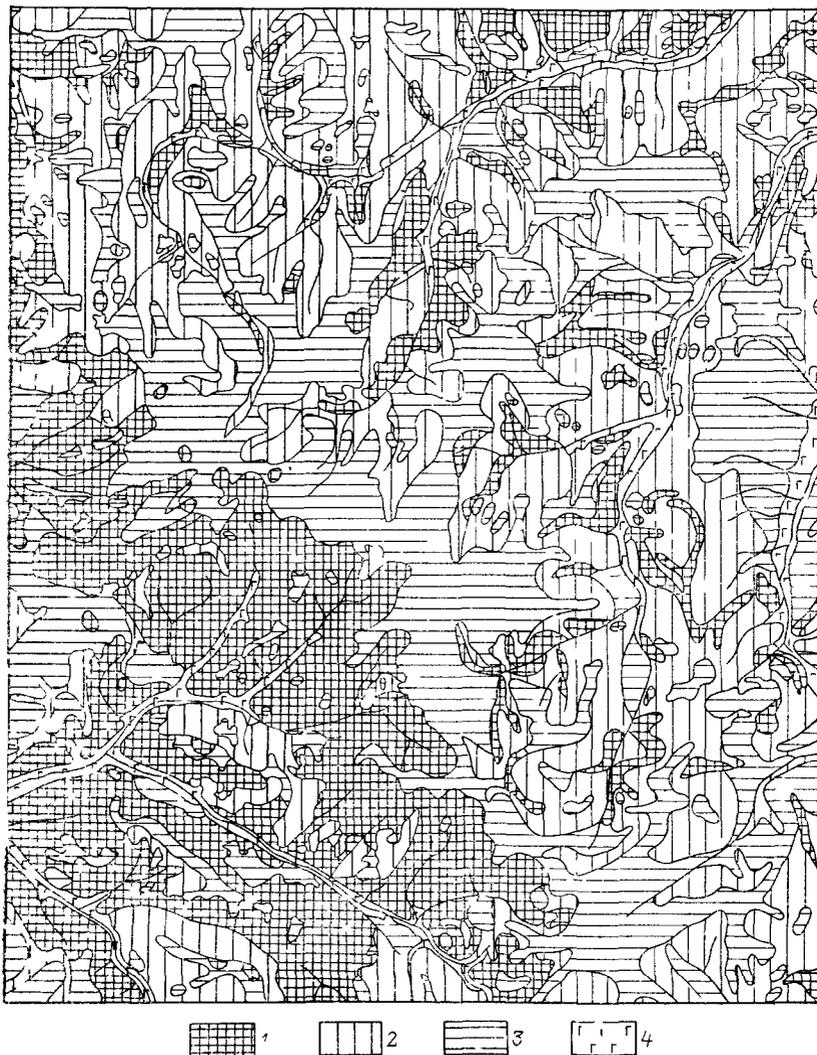


Рис 5 Карта районирования территории таежного среднегорья по сложности ее опоскования радиометрическими методами

1 — поверхностными, 2 — шпуровыми, 3 — глубинными шпуровыми, 4 — по потокам рассеяния в аллювиальных отложениях

Оценка ландшафтов по степени сложности их опоскования проводится на ключевых участках. Если установить глубины залегания горизонтов, представительных для проведения поисковых

работ каким-либо конкретным поисковым методом, то на основе ландшафтной карты может быть составлена карта районирования территории по сложности ее опоискования этим методом. На рис. 5 показана карта районирования территории по сложности ее опоискования радиометрическими методами, составленная путем изучения ландшафтов и глубин залегания представительных горизонтов на эталонных (ключевых) участках.

Из сравнения карт (см. рис. 4 и 5) следует, что наиболее доступны для радиометрического опоискования ландшафты однородных водоразделов и крутых склонов. Ландшафты склонов средней крутизны доступны для опоискования повышенной глубинности, а для опоискования гетерогенных водораздельных ландшафтов пологих склонов и аккумулятивных ландшафтов необходимо применение глубинных методов. В аллювиальных ландшафтах, неблагоприятных для выявления остаточных ореолов, могут развиваться шлиховые потоки минералов, устойчивых в зоне гипергенеза, а также оторванные солевые ореолы и потоки рассеяния радиоактивных элементов.

## **§ 7. Представительный горизонт и критическая мощность осадков**

При составлении карт районирования территорий по сложности и достоверности опоискования отдельных площадей используются понятия о представительных горизонтах опоискования и критических мощностях осадков.

Представительным горизонтом называется горизонт устойчивого и максимального площадного развития вторичных ореолов, наиболее близко расположенный к дневной поверхности.

Критической мощностью рыхлых отложений называется такая их максимальная мощность, при которой формируются выходящие на дневную поверхность ореолы рассеяния элементов, четко фиксируемые современными поисковыми методами. Если общая мощность покрова рыхлых отложений превышает критическую, то при проведении поисковых работ необходимо углубляться в рыхлый покров до представительного горизонта опоискования. Критические мощности большинства дальнеприносных отложений не превышают первых долей метров, а в автохтонных отложениях они достигают нескольких метров, а иногда и десятков метров.

При оценках критических мощностей и представительных горизонтов кор выветривания должны учитываться существенные различия между современными и древними кора́ми, а также степень их эрозионного среза. Многие древние коры выветривания в отличие от современных обладают меньшими критическими мощностями, а их верхние каолиновые зоны резко обеднены рудными элементами. Однако за счет перераспределения некоторых элементов в разрезах древних кор выветривания, могут возникать дополнительные представительные горизонты в виде своеобразных коровых аномалий, приуроченных к средним пестроцветно-глинистым

или гидрослюдистым горизонтам. Формирование этих аномалий связано с концентрацией элементов на сорбционных или глеевых барьерах, где часто накапливаются повышенные концентрации молибдена, меди, свинца, цинка, урана, ванадия и некоторых других элементов.

#### **§ 8. Особенности составления геологических карт для целей поисков слабопроявленного, перекрытого или слепого оруденения**

Необходимость поисков слабопроявленного, перекрытого или слепого оруденения возникает при проведении работ в пределах перспективных рудных узлов или бассейнов полезных ископаемых на площадях неглубокого эрозионного среза, обычно перекрытых чехлом рыхлых отложений или покровом осадочных пород. В таких условиях важнейшим техническим средством геологического картирования и поисков становятся буровые скважины, в связи с чем процессы специализированного геологического картирования и поисков полезных ископаемых сближаются во времени.

Успех и эффективность работ в значительной степени определяются правильным выбором перспективных участков, для чего перед началом специализированного картирования и поисков тщательно анализируются, а часто и переинтерпретируются результаты ранее выполненных геологических, геофизических и геохимических работ масштаба 1 : 200 000 и мельче. Несмотря на широкое развитие чехла рыхлых отложений или покровов осадочных пород, пониманию региональных геологических особенностей перспективных территорий и уточнению их контуров весьма способствует использование аэроснимков и космических снимков.

Поскольку территории поисковых работ практически закрыты с поверхности, а прогнозируемые скопления полезных ископаемых располагаются под покровами перекрывающих отложений или на некоторых глубинах во вмещающих породах, их специализированное изучение проводится с помощью глубинного геологического картирования масштаба 1 : 50 000 или 1 : 10 000.

Началу геологосъемочных работ предшествует подготовка намеченных площадей к съемочно-поисковым работам, которая включает обобщение всех известных материалов с построением макетов карт поверхности фундамента, карт глубинных срезов или горизонтов, геологических разрезов. По совокупности этих документов с учетом уже известных критериев (предпосылок и признаков) рудности приводится переоценка перспектив конкретных участков и уточняются их предполагаемые контуры.

Работы по специализированному глубинному геологическому картированию проводятся в границах выделенных перспективных участков (потенциальных рудных узлов и полей) с помощью скважин колонкового бурения с широким использованием методов скважинной геофизики, геохимического опробования и специализированной геологической документации ядра. Сеть картировоч-

ных скважин определяется в зависимости от сложности геологического строения комплексов картируемых пород, степени проявленности признаков рудоносности, мощностей и генезиса покровных отложений. При поисках многих рудных месторождений в условиях средней сложности геологического строения часто бурятся системы картировочных буровых профилей с расстояниями от 1600 до 400 м друг от друга и с расположением скважин на профилях, соответственно через 320—80 м, в зависимости от масштабов съемок. При картировании поверхности кристаллического или складчатого фундамента под покровами рыхлых отложений или осадочных пород скважины заглубляются в породы фундамента на 4—5 м, а при глубинном картировании массивов пород с целью поисков «слепого» оруденения — на всю мощность рудовмещающих пород до глубин, доступных для эксплуатации месторождений.

Все картировочные скважины подвергаются комплексному каротажу (в первую очередь электрическому, магнитному и радиометрическому), геохимическому опробованию (на полный спектр элементов-индикаторов ожидаемого оруденения и их спутников) и тщательному геолого-минералогическому изучению (для выяснения литолого-петрографического состава, текстурных и структурных особенностей пород, их метасоматических и гипергенных изменений, выявления новообразований полезных минералов и других проявлений потенциальной рудоносности разреза скважины). В благоприятных условиях целесообразно гидрогеохимическое опробование скважинных вод и газовый каротаж скважин.

По данным глубинного картирования составляются:

- карты поверхностей фундамента, представляющие собой специализированные геологические карты поверхности кристаллических или складчатых пород, залегающих под покровами более поздних отложений;
- карты глубинных срезов или горизонтов, отражающие особенности геологического строения и рудоконтролирующие структуры полезных ископаемых на различных глубинах;
- разрезы рудовмещающих толщ, увязанные с картами фундамента и глубоких срезов;
- прогнозные карты, разрезы или блок-диаграммы с оценками перспектив рудоносности изученного блока земной коры.

## **§ 9. Специализированные виды геолого-геофизического и геохимического картирования**

Помимо перечисленных методов специализированного картирования при создании геологической основы поисков в зависимости от видов прогнозируемых полезных ископаемых и геологических условий применяются и другие специализированные методы. Так, например, при специализированном картировании многих постмагматических рудных полей и узлов особое внимание уделяется изучению метасоматических изменений вмещающих пород, выделению формационных и фациальных типов метасоматитов, оконтуриванию

площадей развития метасоматических пород, перспективных на выявление месторождений различных урановорудных формаций. Некоторые исследователи [24] предлагают на основе микроскопического изучения шлифов картировать «эпигенетические породы», понимая под ними статистически устойчивые ассоциации новообразованных минералов, взаимосвязанных общей структурой и определяющих характер метасоматических изменений пород. На основании полученных данных метасоматиты разделяются на две группы формаций — связанные с магматическими породами и не имеющие четких связей с ними.

Для предварительного картирования зон, полей и ареалов метасоматически измененных пород эффективно использование петрофизического метода, основанного на оценке корреляционных связей между значениями их плотности и магнитной восприимчивости и разработанного М. И. Пахомовой и В. И. Пахомовым. Метод основан на том, что характерные для неизмененных пород положительные корреляционные связи между их плотностями и магнитными восприимчивостями исчезают или меняют знак в метасоматически измененных породах. Проведение работ сводится к массовому определению указанных свойств в образцах пород и построению карт изолиний значений коэффициентов корреляции между этими свойствами [21]. В дальнейшем зоны метасоматитов изучаются обычными петрографическими и геохимическими методами.

Существенную помощь при изучении блоковых структур рудных районов и подчиненных им более локальных территорий оказывают водно-гелиевые съемки, фиксирующие проявления гелиевых аномалий вдоль зон глубинных разломов, даже в тех случаях, когда породы фундамента залегают на глубинах порядка сотен и более метров под покровами отложений верхних структурных этажей. В приповерхностных участках литосферы потоки гелия обтекают жесткие блоки земной коры, концентрируясь в зонах водопроницаемых тектонических разломов. Для участков ненарушенных жестких блоков характерны поля фоновых содержаний гелия, а зоны разломов на сопряженных различных блоках выделяются аномальными его содержаниями. Наиболее значительные аномалии гелия обычно локальны. Их площади измеряются десятками гектаров и редко достигают нескольких квадратных километров. Поэтому зоны глубинных разломов трассируются цепочками гелиевых аномалий.

Использование водно-гелиевых съемок целесообразно при проведении съемок масштаба 1 : 200 000 и мельче. Принципы и методы геохимического картирования индикаторов оруденения и их элементов-спутников, рассеянных в горных породах, разработаны и внедрены в практику геологических исследований А. А. Смысловым и др. [24]. Геохимические карты для целей металлогенического прогнозирования и поисков месторождений полезных ископаемых составляются по данным специального геохимического опробования горных пород по сети наблюдений, отвечающей мас-

штабу съемки. Высокочувствительные методы изучения и фазовые анализы проб на содержания элементов-индикаторов и их спутников позволяют не только делать заключения об аномальных концентрациях этих элементов в породах, но и изучать состояния их рассеяния и особенности миграции под влиянием различных геологических процессов.

На геохимических картах средних масштабов (1 : 50 000 — 1 : 25 000) отражаются содержания элементов-индикаторов и их спутников в однородных геологических полях (в абсолютных значениях и по отношению к геохимическому фону), а в пределах зон с нарушенным первично-конституциональным распределением элементов выделяются их зоны привноса и выноса, что способствует оценке перспектив конкретных участков недр и оконтуриванию потенциально рудоносных площадей.

### Контрольные вопросы

1. Какие карты составляют геологическую основу поисков?
2. Перечислите объекты изучения и оценки на разных стадиях поисковых работ и масштабы проведения этих работ.
3. Охарактеризуйте основные типы рудных узлов (бассейнов) и полей по условиям их геологического строения.
4. В чем выражаются требования к кондиционности геологических карт по обоснованности стратиграфического расчленения разрезов, выяснению состава и взаимоотношений магматических пород, прослеживанию тектонических нарушений и контактов пород?
5. Расскажите о видах, объемах, сроках проведения и возможностях структурно-геофизических съемок при составлении геологической основы поисков.
6. Прокомментируйте возможности использования космо- и аэроснимков при составлении геологической основы поисков и ландшафтных карт.
7. В чем заключаются отличия карт районирования территорий по природным условиям поисков от ландшафтных карт и какова методика их составления?
8. Дайте определение понятиям «представительный горизонт» и «критическая мощность осадков».
9. В чем заключаются основные особенности составления геологической основы поисков слабопроявленного, перекрытого и слепого оруденения?
10. Перечислите комплект сводных документов, составляемых по данным глубинного картирования поисковых площадей.
11. Какими методами возможно картирование метасоматически измененных пород при составлении геологической основы поисков?
12. Какую поисковую информацию обеспечивают результаты водно-гелиевых съемок?
13. Охарактеризуйте прогнозные и поисковые возможности геохимических карт.

## Глава 4.

### МЕТОДЫ ПОИСКОВ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Важнейшие методы поисков различаются техническими приемами выявления поисковых признаков и в зависимости от этого разделяются на три группы: геолого-минералогические, геофизические и геохимические.

На ранних стадиях изучения недр многие из этих методов в совокупности с методами геологического картирования используются для целей прогнозирования перспектив рудоносности более обширных территорий и выделения потенциальных бассейнов полезных ископаемых рудных районов или узлов.

## **ГЕОЛОГО-МИНЕРАЛОГИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ПОИСКОВ**

Все геолого-минералогические методы поисков являются по своей природе визуальными, поскольку они основаны на выявлении и прослеживании признаков полезных ископаемых невооруженным глазом. Известные с глубокой древности визуальные геолого-минералогические методы поисков не теряют своего значения и в наше время, являясь неотъемлемой частью любого вида геологоразведочных работ.

Эффективность применения визуальных геолого-минералогических методов поисков зависит от наблюдательности, эрудиции и добросовестности геолога. При прочих равных условиях она выше в районах с хорошей обнаженностью пород, достаточно глубоким эрозионным срезом и отчетливыми хорошо фиксируемыми проявлениями признаков полезных ископаемых в коренном залегании и в обломках горных пород.

В число наиболее распространенных визуальных геолого-минералогических поисковых методов входят: наземные и аэровизуальные методы непосредственного обнаружения рудных выходов, валунно-обломочные методы и шлиховые методы. За исключением шлихового метода, все они не имеют самостоятельного поискового значения и используются лишь в комплексе с проведением специализированного геологического картирования или других видов геологоразведочных работ.

### **§ 1. Наземные визуальные**

При проведении геологических маршрутов в условиях хорошей обнаженности пород геологи могут визуально обнаруживать и оконтуривать выходы многих полезных ископаемых по вкрапленности полезных или жильных минералов, характерным околорудным изменениям вмещающих пород, их эпигенетическим изменениям или другим характерным признакам. При некоторых навыках по минеральному составу образований и их текстурно-структурным особенностям можно прогнозировать вероятный состав неизмененных руд и предполагаемые концентрации в них полезных компонентов. В первую очередь это относится к выходам руд устойчивых в зоне гипергенеза, а также к выходам сульфидных руд. Эффективности наземных визуальных методов поисков способствует устойчивость выходов и их тесная связь с положительными формами рельефа (например, медно-молибденовые месторождения Казахстана, связанные с выходами вторичных кварцитов).

## § 2. Аэровизуальные

Использование аэрофотоснимков помогает в ряде случаев не только расшифровать геологическую структуру, но и выявить признаки рудоносности изучаемой территории. Выявлению поисковых признаков способствуют также прямые аэровизуальные наблюдения или применение цветных, спектро- и многозональных снимков.

К числу легковыявляемых цветовых признаков полезных ископаемых относятся черноокрашенные выходы угольных пластов и окисных руд марганца, красновато-бурые выходы железных руд и ржаво-бурые выходы зон окисления сульфидных месторождений, светлоокрашенные выходы квасцов, алунитов, пегматитовых и кварцевых жил. По характерному лучевому рисунку обнаруживают выходы кимберлитовых трубок. Известны случаи выявления выходов медных и урановых руд по аэровизуальным наблюдениям и цветовым спектрозональным снимкам аридных зон.

На аэрофотоснимках хорошо заметны следы древних разработок, которые могут рассматриваться как весьма важные прямые поисковые признаки месторождений. С применением спектро- и многозональных снимков удается выделять аномальные по цвету массивы и зоны растительности, в которых иногда отражается влияние повышенных концентраций некоторых элементов.

Возможности использования аэровизуальных методов для выявления поисковых признаков рудных полей и месторождений еще далеко не исчерпаны. С развитием техники аэро- и космических дистанционных методов их перспективы будут расширяться.

## § 3. Валунно-обломочные

В практике поисковых работ наиболее широко используются три разновидности валунно-обломочных методов: обломочно-речной, валунно-ледниковый и обломочно-делювиальный.

Обломочно-речной метод состоит в обнаружении и прослеживании рудоносных обломков, галек или валунов, образующих прерывистые потоки в русловых отложениях рек, и в прослеживании их в направлении сноса рудного материала. По мере продвижения вверх по течению реки степень окатанности обломков постепенно уменьшается, а рано или поздно обломки исчезают в аллювиальных отложениях, но обнаруживаются на береговых склонах. Дальнейшие поиски рудных выходов продолжаются уже на склонах долин с учетом форм обломочных делювиальных вееров — с начала визуально, а затем с помощью канав и шурфов. В благоприятных природных условиях этот метод эффективен для поисков самых различных полезных ископаемых, устойчивых против выветривания.

Валунно-ледниковый метод заключается в поисках рудных (рудоносных) валунов на площадях развития моренных ледниковых отложений. Места обнаружения рудных валунов на-

носятся на карту четвертичных отложений для выяснения контуров ореолов их рассеяния вокруг коренных рудных выходов.

Особое внимание при поисках рудных валунов уделяется нижним горизонтам донных морен, материал которых наиболее близко отражает состав подстилающих пород. Как правило, ореолы рудных валунов имеют веерообразные очертания, расширяющиеся в сторону движения ледника. При достаточно большом числе находок по точкам обнаружения рудных валунов удается наметить примерные контуры валунного веера, в вершине которого наиболее вероятно расположение коренных рудных выходов (рис. 6).

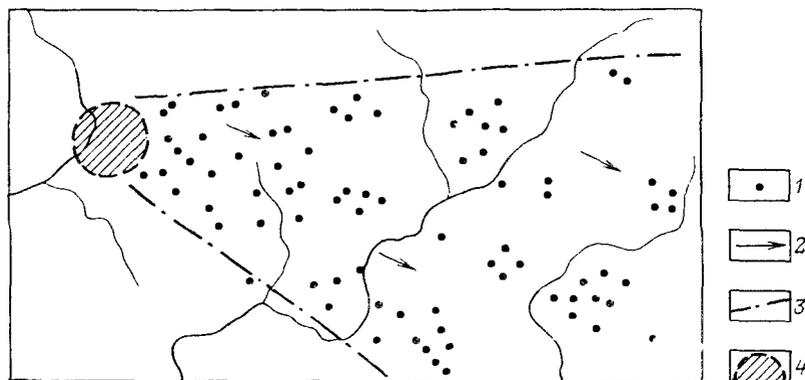


Рис. 6. Схема валунно-ледникового веера.

1 — рудные валуны, 2 — направление ледниковых штрихов; 3 — примерные границы веера; 4 — участок для поисков коренных рудных выходов

Валунно-ледниковый метод успешно используется геологами Канады, скандинавских стран и Советского Союза для поисков месторождений, скрытых под чехлами ледниковых отложений в районах, подвергшихся материковому оледенению. С помощью валунно-ледникового метода обнаружены многие промышленно ценные месторождения рудных и нерудных полезных ископаемых.

Обломочно-делювиальный метод заключается в поисках рудных свалов, в нижних частях мощных каменных россыпей (курумов), покрывающих склоны возвышенностей в районах развития многолетней мерзлоты. Потоки глыб и щебня, медленно сползающие по склонам гор под влиянием морозного сдвига, солифлюкции и силы тяжести, как правило, лишены растительного покрова и доступны визуальному наблюдению. При обнаружении рудных глыб или щебня поиски направляют вверх по движению каменного потока до выхода в гольцовую часть возвышенности, где вероятнее всего обнаружение коренных выходов. Иногда коренные выходы обнаруживаются с помощью поверхностных горных выработок (расчисток, канав) в верхних частях каменных россыпей.

Обломочно-делювиальный метод успешно применяется в горно-таежных районах в комплексе со специализированными геологиче-

скими съемками. С его помощью обнаруживаются коренные выходы многих рудных и нерудных полезных ископаемых, устойчивых в зоне гипергенеза, зоны окварцованных и метасоматически измененных пород. При поисках месторождений радиоактивных руд, бериллия, бора, олова и ряда других элементов визуальные поиски рудных свалов могут совмещаться с полевыми ядерно-физическими методами.

#### § 4. Шлиховые

Сущность методов заключается в систематическом шлиховом опробовании рыхлых отложений для выявления и оконтуривания в них механических ореолов и потоков рассеяния полезных минералов.

Шлих а м и называются концентраты, представляющие мелкую фракцию тяжелых минералов, которые остаются после промывки отбираемых проб. Шлихи могут быть получены и в результате промывки искусственно измельченных горных пород и минеральных образований.

Шлиховой метод издавна применяется для поисков определенной группы полезных минералов, обладающих большой плотностью, механической прочностью и устойчивостью в поверхностных условиях. К их числу относятся золото, платина (и платиноиды), касситерит, алмаз, вольфрамит, колумбит и танталит, ильменит, рутил, монацит, шеелит и киноварь. Вблизи от коренных выходов месторождений в шлихах могут концентрироваться нестойкие сульфиды (галенит, сфалерит, пирит, халькопирит и т. д.), самородный висмут и ряд других минералов.

Проведение шлиховой съемки включает:

- выбор места взятия шлиховых проб;
- отбор проб;
- обогащение (промывка) проб для получения шлиха;
- составление шлиховых карт и обобщение результатов.

Чаще всего шлиховые съемки проводятся путем опробования аллювиального, реже делювиального и элювиального материала или протолок коренных горных пород.

Аллювиальные отложения опробуются в местах максимального скопления тяжелой фракции минералов, на участках резких замедлений или завихрений течения вод. При опробовании аллювиальных отложений молодой гидросети шлиховые пробы отбираются в русловых участках долин, в тех местах, где русловые отложения выходят на дневную поверхность. Особенно благоприятны участки, расположенные выше уровня вод, на которых обнажаются приплотиковые части разрезов, а также нижние бровки крутых намывных берегов, места заторов или расширений русел рек за выступами крутых берегов, верхние по течению выпуклые части кос (рис. 7).

При опробовании аллювия древней гидросети в плоских, широких долинах рек шлиховые пробы отбираются из пойменных

отложений с помощью шурфов или закопашек, из обрывов у днщ оврагов и промоин, из выбросов нор, из-под корней вывороченных деревьев. Русловые отложения древней гидросети не пригодны для целей шлихового опробования, поскольку они представлены хорошо сортированными мелкозернистыми песчано-илистыми осадками, практически не содержащими тяжелой фракции минералов, в то время как шлиховые минералы содержатся в несортированных галечниках и песчано-гравийных отложениях с примесью песков и илесто-глинистого материала.

Для отбора шлиховых проб наиболее благоприятны периоды быстрого спада вод после весеннего или летнего половодья. Отбор шлифовых проб производится из закопашек, мелких шурфов или скважин по возможности из нижних участков разреза аллювиальных отложений, расположенных ближе к плотнику, которые обычно обогащены минералами тяжелой фракции. При опробовании древних широких долин шурфы и закопашки располагают по поперечным профилям на всю ширину поймы, с расстояниями между смежными закопашками на профилях, в несколько десятков раз меньшими по сравнению с расстояниями между профилями. Массы отбираемых проб (от нескольких десятков до ста и более килограммов) фиксируются при их отборе. Они зависят от гранулометрического состава опробуемых отложений, вида и состава полезных минералов.

Отобранные пробы подвергаются обогащению путем их промывки в лотках, ковшах, бутарах, вашгердах и на винтовых сепараторах. В процессе промывки из проб отбираются гальки и валуны, путем отмучивания вымываются глинистые частицы, а затем отмывается и легкая песчаная фракция.

В полевых условиях проба отмывается только до серого шлиха, а доводка проб до черного шлиха осуществляется обычно в стационарных условиях.

Особую сложность представляет отмывка шлиховых проб при поисках алмазных месторождений, поскольку алмаз и минерал — индикатор алмаза — пироп обладают сравнительно невысокой плотностью (около  $3,5 \text{ г/см}^3$ ) и легко уходят в хвосты. В связи с этим непосредственно на месте работ проводятся контрольные промывки хвостов и просмотры шлихов с подсчетами видимых зерен пироба.

Анализы проб с качественным и количественным определением составляющих их минералов осуществляются в полевых и стационарных шлиховых лабораториях. Доведенные до состояния чер-

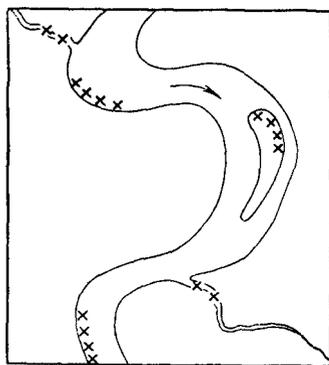


Рис 7 Схема участков, наиболее благоприятных для отбора шлиховых проб (показаны крестиками)

ного шлиха пробы взвешиваются, разделяются по крупности зерен, а минералы мелкой фракции подвергаются последовательно магнитной, электромагнитной и гравитационной сепарации в тяжелых жидкостях, по схеме, приведенной на рис. 8.

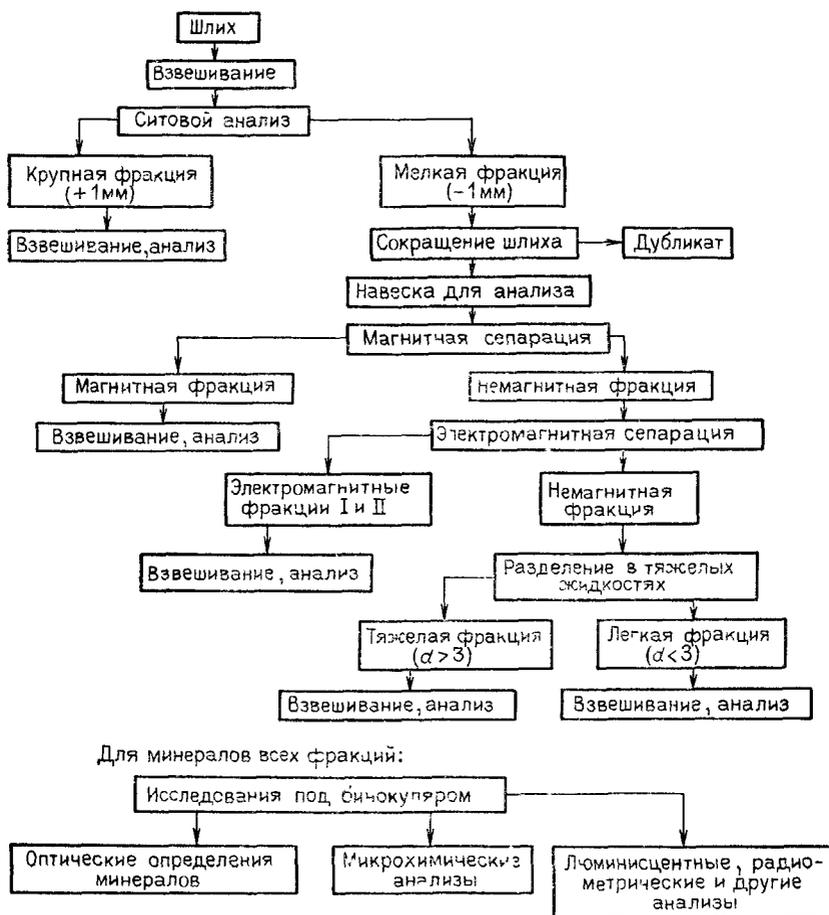


Рис. 8. Схема лабораторного изучения шлиха

Материал каждой выделенной фракции изучается под биноклярной лупой с разделением минералов по видам. Некоторые минералы удается выделить по характеру люминесценции, радиоактивности или с применением других методов диагностики.

В результате качественного и количественного анализа шлихов не только определяется принадлежность минералов к определенному виду, но и подробно описывается их кристаллографическая характеристика, наличие сростков с другими минералами, степень

окатанности зерен, изучаются ассоциации и химический состав минералов.

Результаты проведения шлиховых поисков оформляются в виде шлиховых карт с кружками или изолиниями содержаний полезных минералов, линиями изменяющейся толщины, в зависимости от содержаний минерала в шлихе и т. д.

Шлиховая съемка является одним из самых древних методов поисков, однако она не утратила своего значения и в настоящее время. В свете современных требований необходимо коренное усовершенствование шлихового метода поисков, как в отношении технических средств пробоотбора и обогащения проб, так и в части изучения типоморфизма шлиховых минералов и их ассоциаций с широким использованием современных методов минералогического анализа.

В настоящее время шлиховой анализ должен не только фиксировать минеральный состав проб и количество содержащихся в них полезных минералов, но и содержать информацию о вероятных формационных типах месторождений областей сноса рудных минералов.

## **ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ПОИСКОВ**

Геофизические методы поисков полезных ископаемых применяются для выявления и оконтуривания аномальных физических полей, выделения и оценки локальных аномалий, связанных с конкретными видами полезных ископаемых.

С каждым годом они получают все более широкое развитие и разностороннее применение. Их роль особенно велика в условиях плохой обнаженности пород и при поисках таких видов полезных ископаемых, физические свойства которых заметно отличаются от свойств вмещающих их пород. Однако в большинстве случаев геофизические исследования, выполняемые каким-либо одним методом или комплексом методов, имеют не прямое, а вспомогательное поисковое значение, способствуя лишь созданию геолого-структурной основы поисков, выявлению и оконтуриванию элементов геологического строения, контролирующих пространственное размещение полезных ископаемых.

Геофизические методы поисков и разведки полезных ископаемых составляют содержание специальных курсов, в которых подробно рассматриваются физические основы, технические средства, условия применения каждого метода, приемы обработки и интерпретации наблюдений [10]. О возможности использования геофизических методов при создании геологической основы поисков упоминается в предыдущей главе. Ниже кратко рассматриваются возможности применения геофизических методов для непосредственного выявления и оценки полезных ископаемых, обладающих достаточно контрастными физическими свойствами. К числу прямых геофизических методов относятся магнитометрические, эле-

ктроразведочные, радиометрические, ядерно-физические и в меньшей степени — гравиметрические методы.

## § 5. Магнитометрические

В качестве прямого поискового метода магнитометрическая съемка используется в воздушном, наземном и скважинном вариантах для выявления и оценки месторождений, руды которых обладают высокой магнитной восприимчивостью. За последние четверть века все крупные месторождения магнетитовых руд в нашей стране выявлены аэромагнитной или наземной магнитной съемкой. С помощью этих съемок выявляются и оконтуриваются аномальные магнитные поля, детализируются и оцениваются их аномальные участки, зоны и локальные аномалии.

В благоприятных условиях магнитометрические методы могут использоваться для оконтуривания и детализации магнитных полей некоторых медно-никелевых, хромитовых и слабомагнитных железорудных месторождений, выявления и оконтуривания россыпных и коренных титаномagnetитовых месторождений. При особо благоприятных условиях, в комплексе с другими методами — для поисков бокситов и некоторых золотых и платиновых россыпей, в которых в заметных количествах присутствует магнетит. Во всех перечисленных случаях применение магнитных съемок эффективно, если объекты поисков расположены в разрезах слабомагнитных пород.

## § 6. Электроразведочные

Различные модификации электроразведки успешно применяются в качестве прямых поисковых методов для выявления сплошных и вкрапленных сульфидных и оловянных месторождений, некоторых типов углей и месторождений графита. Большое число модификаций электроразведочных методов связано с использованием широкого диапазона частот, естественных и искусственных источников тока.

Прямые поиски сульфидных месторождений с контрастными электрическими свойствами возможны методами изучения, как естественных, так и наведенных электромагнитных полей. Методы индуктивной разведки, основанные на выявлении и оконтуривании стационарных электрических полей (метод естественного поля) или индуктивно возбуждаемых неустановившихся полей (метод переходных процессов), применяются при поисках колчеданных, медноколчеданных, полиметаллических и графитовых месторождений, с залежами практически сплошного строения.

Для поисков вкрапленного сульфидного оруденения эффективно используется метод вызванной поляризации, основанный на изучении разностей потенциалов, возникающих под влиянием длительных импульсов постоянного или переменного тока. Прослеживание глубокозалегающих медноколчеданных тел возможно

с применением метода вертикального электрического зондирования, а высокоомных золото-кварцевых жил — с помощью высокочастотных методов (радиокип). Для проведения поисковых работ в настоящее время созданы различные электроразведочные станции, позволяющие проводить наблюдения в скважинном, пешеходном, автомобильном и аэровоздушном вариантах.

## § 7. Радиометрические

Радиометрические методы поисков месторождений радиоактивных руд, фосфоритовых, танталовых, ниобиевых, редкоземельных и других месторождений, содержащих постоянные примеси радиоактивных металлов, основаны на выявлении и оконтуривании радиационных полей, участков, зон и локальных аномалий в приземном слое атмосферы, на земной поверхности или в буровых скважинах, а также радиоактивных газов — в подпочвенном слое или трещинах горных пород.

Глубинность проникновения гамма-лучей в горных породах и перекрывающих рыхлых отложениях не превышает одного метра. Однако за счет развития в них вторичных ореолов рассеяния радиоактивных элементов она часто оказывается значительно большей, достигая 10 м и более.

Сущность всех разновидностей гамма-методов сводится к измерению суммарного (интегрального) радиоактивного гамма-излучения или к дифференциальной его регистрации в определенных интервалах энергии частиц с последующим выделением участков повышенной радиоактивности [15].

По условиям применения радиометрические методы подразделяются на:

- аэрометрические;
- наземные (автомобильные и пешеходные);
- глубинные (в шпурах и скважинах).

Аэрометрические методы являются наиболее совершенными и скоростными методами поисков месторождений радиоактивных и связанных с ними металлов. Они основаны на выявлении в приземном слое атмосферы радиационных гамма-ореолов урана (радия), тория и калия с помощью высокочувствительных радиометров-анализаторов, которые монтируются на самолетах или вертолетах. Аэропоиски проводятся в масштабе 1:25 000, маршрутами длиной до 30 км через каждые 250 м.

Обработка материалов аэрогамма-спектрометрических (АСГМ) наблюдений проводится с использованием ЭВМ и графопостроителей.

Наиболее широким распространением пользуются площадные автогамма-съемки масштаба 1:10 000, которыми покрываются перспективные площади порядка десятков квадратных километров.

Пешеходные гамма-съемки и наземные гамма-спектрометрические наблюдения являются основными видами наземных поисков радиоактивных руд и рудопроявлений.

Широкая их распространенность объясняется универсальностью применения, высокой результативностью, низкой себестоимостью и возможностью тесной взаимосвязи радиометрических и геологических наблюдений. Проведение пешеходных гамма-наблюдений с помощью портативных полевых сцинтилляционных радиометров СРП-2 «Кристалл» и СРП-68-01, считается обязательным в процессе любых геологосъемочных и поисковых работ.

Наземные гамма-спектрометрические наблюдения применяются для оценки выявленных аномалий и выделения перспективных площадей. Они основаны на различиях спектрального состава гамма-излучения радия, тория и радиоактивных калия и проводятся портативными радиометрами-анализаторами типа СП-ЗМ.

Эманационные методы поисков основаны на выявлении ореолов радиоактивных эманаций в почвенном воздухе или в трещинах горных пород. Сущность эманационных поисков заключается в отборе проб почвенного воздуха из рыхлых отложений и измерении концентрации в них радона и торона.

Эманационные поиски выполняются с помощью сцинтилляционных полевых эманометров или эманационно-трековым методом, основанным на подсчете числа альфа-треков (следов, фиксирующих пути пробега альфа-частиц) на специальных диэлектрических пленках.

## **§ 8. Ядерно-физические**

Ядерно-физические методы поисков полезных ископаемых основаны на регистрации наведенных гамма- и нейтронных полей, возникающих при возбуждении атомов различных элементов под влиянием искусственных источников ионизации. К настоящему времени создано несколько десятков модификаций ядерно-физических методов изучения состава горных пород и содержащихся в них полезных компонентов, однако большинство из них реализованы в виде стационарных лабораторных установок для ядерно-физического анализа проб. Для целей поисков полезных ископаемых используются портативные полевые приборы, аппаратура смонтированная на автомашинах и ядерно-физические каротажные станции.

Наиболее широким распространением пользуются рентген-радиометрические, нейтронно-активационные, фотонейтронные методы и метод ядерного гамма-резонанса. Рентген-радиометрические методы в портативном полевом автомобильном и скважинном вариантах используются для поисков месторождений тяжелых металлов свинца, цинка, молибдена, сурьмы, ртути, висмута и некоторых других тяжелых элементов в рудах сложного состава.

Нейтронно-активационные методы в тех же вариантах используются при поисках флюоритовых, медных, бокситовых, марганцевых и некоторых других месторождений, а фотонейтронные методы — для поисков и оценки бериллиевых месторождений.

С помощью прибора МАК-1, фиксирующего процессы ядерного гамма-резонанса, возможны полевые экспресс-анализы на олово.

В связи с экспрессностью анализов и возможностью разового определения большого числа элементов ядерно-физическим методом поисков принадлежит большое будущее. В перспективе, когда повысится избирательность анализов, усовершенствуются конструкции приборов, а их разрешающая способность позволит оценивать даже незначительные содержания элементов в породах, ядерно-физические методы приобретут значение ведущих поисковых методов.

## **ГЕОХИМИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ПОИСКОВ**

Геохимические методы поисков полезных ископаемых основаны на выявлении, оконтуривании и оценке потоков локальных ареалов и ореолов рассеяния элементов-индикаторов оруденения и элементов-спутников в коренных породах, рыхлых отложениях различного генезиса, природных водах, растениях и газах. В зависимости от этого различают:

- литохимические;
- гидрохимические;
- биохимические;
- атмосферические методы поисков.

Наибольшей универсальностью и распространением пользуются литохимические методы поисков. В зависимости от природных условий, целей и задач литохимические поиски проводятся по первичным (эндогенным), вторичным (гипергенным) ореолам или по потокам рассеяния элементов-индикаторов оруденения. Остальные геохимические методы имеют явно подчиненное значение.

Все геохимические методы сводятся к опробованию объектов исследования по выбранной сети, анализам проб на главные и сопутствующие элементы, обработке исходных данных и их интерпретации для оценки перспективности выявляемых аномальных площадей, зон и локальных аномалий [5, 12].

### **§ 9. Литохимические методы поисков по первичным (эндогенным) ореолам**

Поиски по первичным ореолам заключаются в выявлении повышенных концентраций элементов-индикаторов оруденения и их спутников в коренных рудовмещающих породах и в изучении закономерностей их пространственного размещения по данным геохимического опробования обнажений, поверхностных или подземных горных выработок и скважин.

Отбор проб производится по линиям, ориентированным вкрест простирания рудовмещающих структур, чаще всего способом «пунктирной борозды». Обычно длины интервалов составляют 5 м.

Густота наблюдений зависит от детальности поисковых работ и, как правило, определяется геометрией поисковой сети.

Определение содержаний большинства элементов-индикаторов оруденения молибдена, свинца, цинка, меди, ванадия, никеля, кобальта, мышьяка, серебра, бериллия, циркония, ниобия и др. выполняются методами приближенно-количественного спектрального анализа, чаще всего по способу просыпки. Для оценки содержаний урана, лития, тантала, рубидия, цезия, фтора, ртути и золота необходимо применение специальных методов анализов, поскольку приближенно-количественный метод не обеспечивает в этих усло-

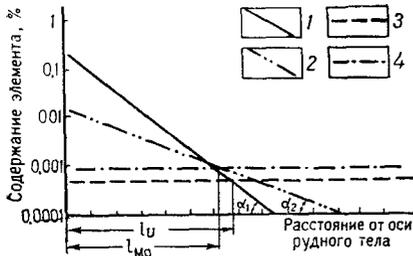


Рис. 9. Графики распределения содержания урана и молибдена вокруг рудного тела [15]

1 — уран; 2 — молибден; 3—4 — минимальные аномальные содержания урана (3) и молибдена (4) в ореоле  $\alpha_1$  и  $\alpha_2$  — углы, определяющие градиенты концентраций урана и молибдена в ореоле,  $l$  — половина ширины эндогенных ореолов урана ( $l_U$ ) и молибдена ( $l_{Mo}$ )

виях удовлетворительных результатов. Валовые количества многих элементов-индикаторов могут быть установлены рентгеноспектральными анализами или более чувствительными нейтронно-активационными методами.

Выявление и оконтуривание первичных ореолов производится по результатам анализов геохимических проб по общепринятой методике, основанной на сравнении геохимических параметров изучаемых участков с параметрами фонового распределения элементов. За величину «фонового» содержания обычно принимается среднее арифметическое содержание из всей выборки проб, расположенных в пределах данной петрографической (литологической) разновидности неизмененных вмещающих пород.

Оконтуривание первичных ореолов элементов-индикаторов и их спутников производится на планах и в разрезах по значениям минимально аномальных содержаний. Установлено, что для большинства месторождений убывание концентраций рудных элементов по мере удаления от рудных скоплений происходит по экспоненциальному закону. Поэтому графики их размещения вокруг рудных тел, построенные в полулогарифмической системе координат близки к прямым линиям (рис. 9). Однако эта закономерность вуалируется неравномерным характером распределения рудных элементов в ореолах и выявляется только после соответствующего сглаживания (рис. 10).

Из графиков на рис. 9 следует, что ширина ореола прямо пропорциональна логарифму концентрации элемента в рудном теле и находится в обратной зависимости от величины его минимального аномального содержания в ореоле и угла  $\alpha$ , образованного линией

графика с осью абсцисс. Значение тангенса угла  $\alpha$  принято называть градиентом концентрации элемента в поперечном сечении первичного ореола.

Градиент концентрации является функцией многих переменных. На его величину влияют химические свойства элемента, физико-механические свойства вмещающих пород и многие другие факторы. Величину, обратную градиенту концентрации  $\frac{1}{\operatorname{tg} \alpha} = \frac{1}{\lambda}$

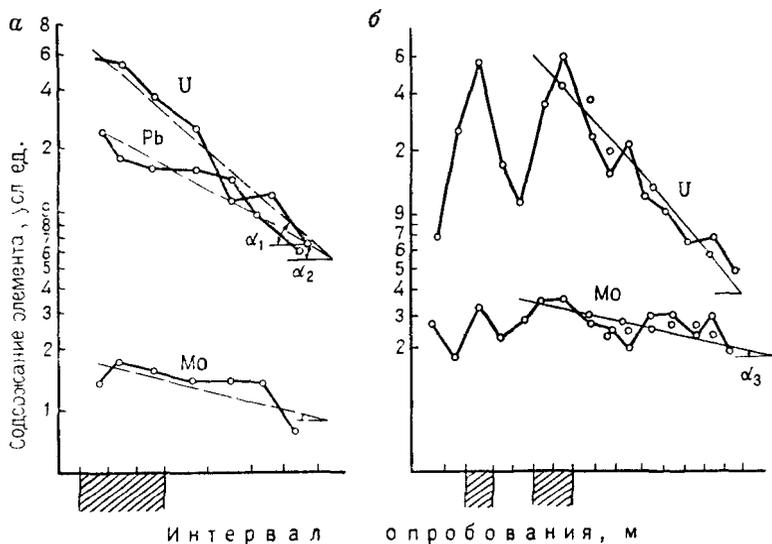


Рис 10. Эмпирические и сглаженные графики распределения содержания элементов вокруг одного (а) и двух сближенных (б) рудных тел [15].

Рудные тела заштрихованы

А. П. Соловов предложил использовать для количественной характеристики миграционной способности элемента.

При проведении литохимических поисков в условиях слабой проявленности ореолов необходимо нейтрализовать заметное влияние фоновых содержаний элементов путем применения более чувствительных методов количественного анализа, использования анализов тяжелых фракций геохимических проб, использования рациональных (фазовых) анализов для тех элементов, форма нахождения которых во вмещающих породах и в ореолах рассеяния различна, суммирования или перемножения содержаний групп элементов, сходных по условиям их пространственного размещения, с последующим построением соответствующих аддитивных или мультипликативных ореолов [5].

Построение аддитивных ореолов производится путем сложения содержаний элементов-индикаторов, нормированных по их средне-фоновым содержаниям. По сравнению с моноэлементными адди-

тивные ореолы обладают большими размерами, контрастностью и проявляют более тесные связи с рудоконтролирующими элементами геологического строения продуктивных залежей, зон и месторождений, поскольку влияние многочисленных случайных погрешностей при сложении содержаний нивелируется (рис. 11). Мультипликативные ореолы получаются путем перемножения содержаний элементов-индикаторов в каждой пробе, причем необходимость их предварительного нормирования по фоновым содержаниям отпа-

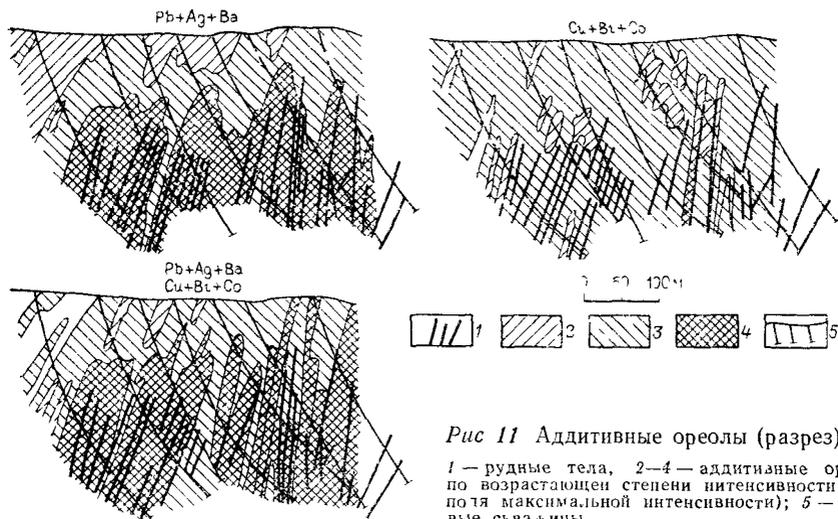


Рис 11 Аддитивные ореолы (разрез) [5].

1 — рудные тела, 2—4 — аддитивные ореолы по возрастающей степени интенсивности (4 — поля максимальной интенсивности); 5 — буровые скважины

дает. Контрастность мультипликативных ореолов проявляется еще более резко (рис. 12).

Для целей интерпретации результатов поисков по первичным ореолам первостепенное значение имеет выявление зональности их строения, обусловленной закономерным пространственным размещением элементов-индикаторов.

Осевая (вертикальная) зональность может быть проиллюстрирована графиками изменения средних содержаний элементов с глубиной или графиками изменения линейных продуктивностей ореолов (произведений ширины ореола на среднее содержание элемента на данном горизонте). Для количественной характеристики осевой зональности используется коэффициент контрастности, представляющий собой отношение содержаний элемента-индикатора и линейных продуктивностей ореола в его надрудной и подрудной частях.

Если изменения продуктивностей ореолов по вертикали не отличаются монотонностью, рекомендуется рассчитывать показатели зональности элементов-индикаторов как отношения продуктивностей ореолов всех остальных элементов-индикаторов, нормированных по их среднефоновым содержаниям. Показатель

зональности количественно отражает в относительных единицах интенсивность накопления элемента на каждом из оцениваемых горизонтов. Таким образом, знание осевой зональности ореолов позволяет отличать надрудные их части от подрудных, оценивать

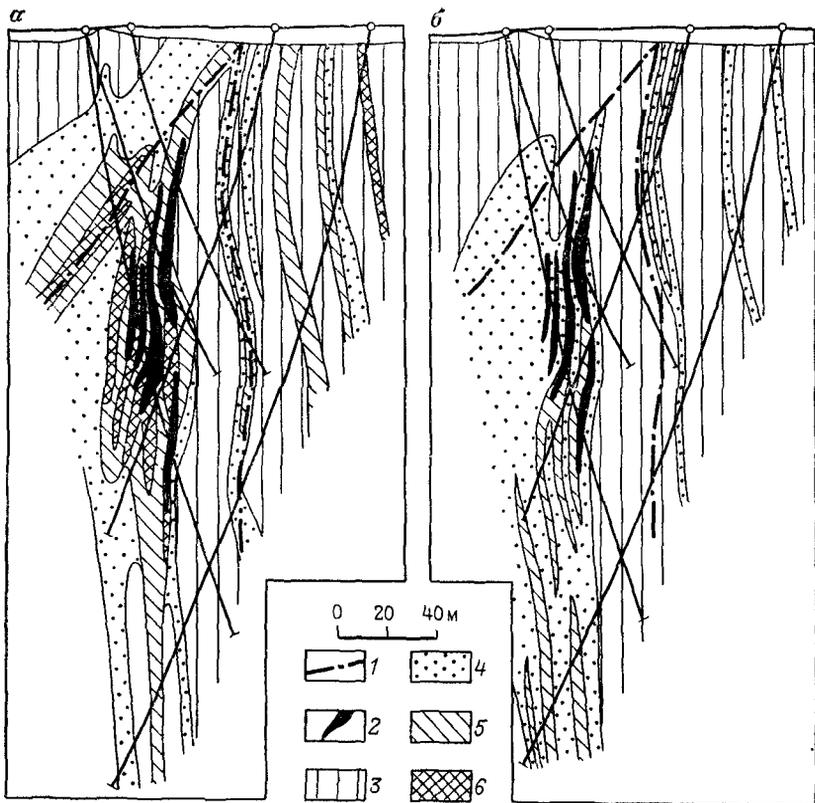


Рис. 12. Мультипликативные ореолы надрудных (а) элементов (Pb-Zn-Ba-Ag) и подрудных (б) элементов (Cu-Co-Mo-Bi) в разрезе через центральную часть Петровского месторождения (по А. А. Головину).

1 — разломы; 2 — рудные тела; 3—6 — первичные ореолы различной интенсивности (6 — ореолы максимальной интенсивности)

уровни эрозионных срезов ореолов и прогнозировать вероятные глубины их распространения, а при благоприятных уровнях эрозионных срезов — выявлять слепые рудные зоны и залежи.

Наряду с зональностью ореолов, развитых вокруг каждой из групп рудных скоплений, существует зональность рудных зон и месторождения в целом, которая проявляется большей интенсивностью ореолов надрудных элементов в верхних частях образований каждого структурного уровня.

## § 10. Литохимические методы поисков по вторичным (остаточным) ореолам

Поиски по вторичным ореолам заключаются в выявлении и оценке локальных и узколокальных ареалов повышенных концентраций элементов-индикаторов оруденения и их спутников в рыхлых элювиальных и элювиально-делювиальных отложениях, реже в рыхлых отложениях других генетических типов по данным выборочного геохимического опробования. Как правило, они проводятся по открытым или ослабленным (реже погребенным) остаточным ореолам. Поиски месторождений по наложенным ореолам в дальнеприносных отложениях не эффективны.

Поиски рудных полей и месторождений по ореолам рассеяния элементов-индикаторов и их спутников в корах выветривания, элювиально-делювиальных отложениях или в почвах проводятся, соответственно, в масштабах 1 : 50 000—1 : 10 000. Опробованию подвергается мелкая песчано-глинистая фракция рыхлых отложений. Эффективность поисков в значительной степени определяется правильностью выбора представительного горизонта отбора проб и их фракционным составом, поскольку от этого зависит достоверность получаемой информации о распределении элементов-индикаторов в опробуемых рыхлых отложениях. Поэтому широкому применению метода обычно предшествуют опытно-методические работы по выявлению специфических особенностей ореолов рассеяния элементов-индикаторов прогнозируемого оруденения в данных ландшафтных условиях. Этими работами устанавливаются:

- характер развития вторичных ореолов по вертикали с выявлением оптимальных глубин представительных горизонтов в рыхлых отложениях различных типов;

- распределение элементов-индикаторов оруденения по фракциям ситового анализа проб;

- значения местных фоновых и аномальных концентраций элементов-индикаторов оруденения и их спутников;

- морфологические особенности и элементы зональности вторичных ореолов.

Массы отбираемых проб в зависимости от фракционного состава рыхлых отложений могут изменяться в пределах от 50 до 200 г. Отбор проб производится с помощью специальных пробоотборников или из мелких закопущек.

Глубины представительных горизонтов зависят от объектов поисков, генетических типов рыхлых отложений и от ландшафтно-географических условий изучаемого района. В пустынных, полупустынных и степных зонах с сухим климатом и щелочной реакцией почв оптимальные глубины отбора проб составляют 0,1—0,2 м. В лесных заболоченных и горно-таежных районах с кислыми подзолистыми почвами глубины залегания представительных горизонтов достигают 0,5—1,5 м; в тропических или субтропических условиях, а также при опробовании кор выветривания (структурного элювия) коренных пород они могут достигать 3—5 м и более.

Для отбора проб из погребенных ореолов проходятся специальные скважины агрегатами шнекового бурения и другими техническими средствами.

Металлометрические съемки выполняются обычно по системам профилей, ориентированных вкрест простирания рудоносных структур. Расстояние между профилями принимается равным не более 0,9 предполагаемой средней длины ареала или ореола, а расстояние между точками отбора проб по профилям не более половины их предполагаемой средней ширины. В зависимости от масштабов литохимических поисков рекомендуется следующая примерная плотность сетей геохимического опробования (табл. 1):

Таблица 1. Плотность сетей геохимического опробования вторичных ореолов и ореолов рассеяния [12]

Масштаб	Расстояние, м		Число проб на 1 км <sup>2</sup>
	между профилями	между точками на профилях	
1 : 200 000	2000	200	2—5
1 : 100 000	1000	100	10—20
1 : 50 000	500	50	20—40
1 : 25 000	250	50—40	80—100
1 : 10 000	100	25—20	400—500
1 : 5 000	50	20—10	1000—2000
1 : 2 000	25	10	4000

Первичная обработка проб заключается в их регистрации, суше и ситовом анализе для выявления одной или нескольких, подлежащих анализу фракций. Выделенные фракции истираются до состояния пудры (150—200 меш) и подвергаются полуколичественному спектральному, ядерно-физическому или другим видам анализов на содержание элементов-индикаторов оруденения и элементов-спутников.

Геохимические карты вторичных ореолов элементов-индикаторов и их спутников составляются в масштабах геологической основы. Концентрации элементов-индикаторов выражаются в изолиниях, а оконтуривание ореолов производится по минимально аномальным содержаниям, часто для различных уровней значимости стандартного отклонения логарифмов содержаний.

## § 11. Литохимические методы поисков по потокам рассеяния в донных осадках

Поиски по потокам рассеяния эффективны только для тех элементов-индикаторов и спутников оруденения, которые обладают хорошей миграционной способностью в поверхностной водной среде. К ним, в первую очередь, относятся цинк, медь, свинец, молибден и уран, в меньшей степени, никель, сурьма и мышьяк. Потоки рассеяния элементов донных осадков постоянно и временно

действующих водотоков могут рассматриваться как внешние зоны их вторичных ореолов, примыкающие к ним своими головными частями.

Полевые работы заключаются в отборе проб илистых русловых отложений или песчано-глинистых фракций аллювиальных и пролювиальных отложений, часто обогащенных органическим веществом. При отсутствии подобного материала в русловых отложениях опробуются пойменные образования и верхние кромки заболоченных речных долин рыхлых илисто-глинистых отложений временных водотоков, а при слабо развитой гидросети — сходные по составу рыхлые отложения нижних частей склонов долин.

Пробы массой 50—100 г отбираются непосредственно с поверхности или с глубины 15—20 см. Густота маршрутов и длина шага опробования зависят от масштабов съемок и степени разветвленности гидросети. При мелкомасштабных съемках длина шага опробования составляет 300—500 м, а с укрупнением масштабов уменьшается до 100—200 м. Обобщение международного опыта проведения съемок донных осадков свидетельствует о том, что при плотности опробования 1 проба на 1 км<sup>2</sup> обеспечивается выявление всех потоков рассеяния, связанных с рудными полями месторождений крупного и среднего масштабов.

Анализы проб производятся полуколичественным спектральным методом, а на содержание подвижного урана — количественным перлюво-люминесцентным методом. Состав элементов-индикаторов оруденения в потоках рассеяния зависит от состава первичных руд и ореолов, а также от особенностей их гипергенной миграции в различных ландшафтно-геохимических обстановках. Наибольшей протяженностью в условиях гумидной зоны отличаются потоки рассеяния меди, молибдена и цинка, легко мигрирующие в формах истинных или коллоидных растворов.

Обработка материалов съемок донных осадков заключается в составлении сводной карты, оценке величины геохимического фона и выделении аномальных участков. Для оценок их перспективности производятся детализационные работы путем сгущения шага опробования при дополнительном опробовании всех водотоков (а если необходимо, то и нижних частей склонов) в пределах аномальных площадей. Для выделения слабых аномалий и отделения их от фоновых содержаний учитывается наличие органического вещества в пробах.

Использование съемок донных осадков наиболее эффективно при специализированном картировании масштаба 1:200 000 для целей прогноза потенциальных рудных узлов и при поисковых работах масштаба 1:50 000 — для поисков рудных полей.

## § 12. Гидрохимические

Поиски по водным ореолам рассеяния основаны на выявлении в природных водах ореолов повышенных концентраций комплексов элементов-индикаторов оруденения и их спутников, хорошо

мигрирующих в водной среде в условиях зоны гипергенеза. К их числу относятся медь, цинк, свинец, никель, кобальт, молибден, мышьяк, сурьма, литий, уран, радий, щелочные и щелочноземельные металлы, йод и бром.

Сущность метода состоит в отборе проб поверхностных, грунтовых или подземных вод, анализах этих проб на содержания элементов-индикаторов и элементов-спутников оруденения для выяснения закономерностей пространственного размещения их водных ореолов. Наличие аномальных концентраций элементов-индикаторов оруденения в природных водах свидетельствует в определенных условиях о наличии повышенных концентраций этих элементов в коренных породах или в перекрывающих их рыхлых отложениях.

Гидрохимические методы относятся к числу наиболее глубоких методов выявления повышенных концентраций элементов в коренных породах. В условиях расчлененного рельефа по выходам источников с аномальными концентрациями элементов можно обнаружить рудные скопления на глубинах до нескольких сотен метров, а в предгорных районах — до нескольких десятков метров от дневной поверхности.

Пробы воды отбираются более или менее равномерно со всей территории исследуемого района. Число точек отбора проб зависит от масштаба гидрохимических съемок, сложности строения и водообильности района. При съемках масштаба 1 : 200 000 одна проба отбирается в среднем на 4—10 км<sup>2</sup> (при опробовании открытых водотоков через 300—500 м). С укрупнением масштаба работ до 1:50 000 одна проба приходится в среднем на 1 км<sup>2</sup>, а при опробовании открытых водотоков — через 100—200 м. Отбор проб производится из родников, ключей, колодцев, минеральных источников, малых рек и ручьев, скважин и горных выработок. Наиболее эффективно опробование источников, вытекающих из коренных пород, а также напорных и газизирующих источников среди рыхлых отложений.

При отборе проб каждый водопункт нумеруется, наносится на карту и описывается. В описании отмечаются тип водопункта, время отбора проб, условия выхода вод, их дебит, физические свойства, состав вмещающих или рыхлых отложений, новообразования на выходе источника (травертины, охры, грязи и др.). Из каждого водопункта отбираются пробы воды на содержание в них элементов-индикаторов оруденения и на определение общей минерализации вод (по массе сухого остатка) с соблюдением правил, изложенных в [12].

Обработка гидрохимических проб заключается в выпаривании воды и осаждении содержащихся в ней химических элементов различными реагентами. Анализы вод на широкий спектр элементов проводятся в полевых и лабораторных условиях полуколичественным методом сухих остатков. Анализы быстро изменяющихся компонентов (рН, Eh, Fe<sup>2+</sup>, Fe<sup>3+</sup>, CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>) выполняются, как правило, на местах отбора проб в полевых лабораториях, с по-

мощью потенциометров и другой специализированной аппаратуры. Для замеров значений  $Eh$  непосредственно в скважинах используются специальные каротажные зонды.

Проведение гидрохимических съемок наиболее эффективно в горно-складчатых районах, для которых характерны большие мощности зон свободного водообмена, слабая минерализация и высокий окислительный потенциал вод, что способствует выявлению гидрохимических аномалий на глубинах до нескольких сотен метров от дневной поверхности. Хорошие результаты обеспечивают применение гидрохимических методов в гористых лесных, лесостепных и горно-таежных ландшафтах без долготней мерзлоты.

В степных, полупустынных и пустынных ландшафтах возможности использования гидрохимических методов ограничиваются дефицитом вод, а наилучшее время для проведения съемок приходится на весенние месяцы.

Результаты гидрохимических наблюдений и анализов вод наносятся на карты и разрезы для составления специализированных карт и геометризации ореолов повышенных концентраций элементов-индикаторов и элементов-спутников оруденения в подземных водах.

Совместное нахождение в водах аномальных концентраций урана, радия и радона указывает на близость урановорудных концентраций. Вблизи сульфидных месторождений в водах резко возрастает содержание не только молибдена, цинка, свинца, меди, мышьяка и др., но и сульфат-иона, без существенного повышения концентраций гидрокарбонатного иона и хлора. Вокруг рудных месторождений обычно наблюдается зональность водных ореолов, сходная с зональностью связанных с ними сорбционно-солевых ореолов в рыхлых отложениях или коренных породах. Как правило, в околорудной зоне наблюдаются повышенные концентрации в водах бериллия, кобальта, висмута, свинца, золота, в промежуточной зоне — меди, молибдена и сурьмы, а во внешней зоне — цинка, серебра, фтора, бора и йода. Место каждого элемента в ряду зональности определяется устойчивостью его основной формы миграции в данном диапазоне  $pH - Eh$  ореольных вод, а также составом и концентрацией самого сильного лиганда-комплексобразователя. Поэтому наименьшее постоянство в рядах зональности свойственно элементам с переменной валентностью (U, As, Mo, Au и др.).

Основным показателем перспективности водных ореолов служит тенденция увеличения комплексности их состава по мере приближения к рудным скоплениям. Однако гидрохимическая зональность водных ореолов обычно отличается сложностью вследствие неоднородности состава вмещающих пород, различий гидродинамического режима вод разных глубин, влияния зон тектонических нарушений и других геологических факторов, что существенно осложняет интерпретацию и оценку гидрохимических аномалий.

### § 13. Биохимические

Биохимические методы поисков основаны на выявлении и оконтуривании локальных ареалов и ореолов повышенных концентраций элементов-индикаторов оруденения в растениях. Поиски сводятся к отбору проб живой массы травянистых, кустарниковых или древесных растений, произрастающих в пределах изучаемых площадей, сжиганию (озолению) этих проб и определению концентраций элементов в золе растений. По результатам анализов проб выявляются особенности пространственного размещения участков повышенных концентраций элементов-индикаторов оруденения на опробованных площадях [16].

В одну пробу отбирается живая масса растений с площади в несколько квадратных метров. Исходные массы проб зависят от необходимого для анализа выхода золы (от десятков до сотен граммов). Преимущество отдается растениям с глубоко проникающими корневыми системами, близкого физиологического состояния и возраста. Для опробования следует использовать «безбарьерные» виды и органы растений, которые концентрируют элементы пропорционально их содержанию в почвах. У древесных растений (сосны, лиственницы, осины и др.) лучше всего опробовать верхний пробковый слой коры (без живой коры и луба), который является безбарьерным органом по отношению к урану, свинцу, цинку, бериллию, фтору, литию, цирконию и ряду других элементов. Для опробования на радий пригодны любые виды растений, лучше всего многолетние. При выборе видов растений с относительно высокими концентрациями элементов-индикаторов оруденения для введения поправок на вид растения они предварительно группируются по относительному содержанию элементов в различных видах.

Перед проведением биохимической съемки необходимо провести районирование территории по природным условиям ведения поисковых работ для выделения площадей, на которых целесообразна постановка этого вида исследований. К ним относятся площади, перекрытые чехлом дальнеприносных отложений мощностью 2 м и более, на которых проведение литохимических съемок малоэффективно.

Глубинность биохимического метода выше, чем глубинность большинства других поверхностных поисковых методов. Максимальная мощность дальнеприносных рыхлых отложений, ограничивающая возможность метода в степных и пустынных районах, составляет 20—50 м, в лесных районах гумидной зоны 10—30 м, а в районах с многолетней мерзлотой не превышает 3—10 м. Однако сложности интерпретации биохимических аномалий, связанные с необходимостью учета влияния многочисленных биологических факторов на концентрации металлов в золах растений, заметно снижают достоверность результатов.

Результаты биохимических съемок оформляются в виде карт и разрезов с геометризацией моноэлементных ореолов на геологи-

ческой и ландшафтно-географической основе, а также в виде схем индикаторных отношений между элементами-индикаторами оруденения.

## § 14. Атмохимические

Атмохимические методы поисков основаны на выявлении и оконтуривании вторичных ореолов и полей повышенных концен-

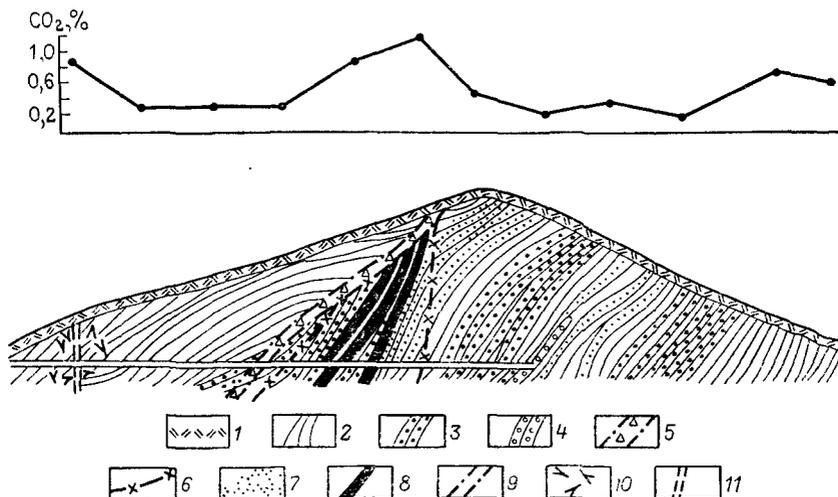


Рис. 13. График содержания углекислого газа в подпочвенном воздухе на ртутном рудопроявлении Убин-Су (по А. И. Фридману).

1 — элювиально-делювиальные отложения; 2 — глины с прослойками алевролитов и песчаников; 3 — песчаники; 4 — конгломераты; 5 — тектоническая брекчия с глиной трения; 6 — рудоносная зона; 7 — киноварная минерализация; 8 — рудные тела; 9 — разрывные нарушения, установленные геологической съемкой и разведкой; 10 — участки повышенной трещиноватости пород; 11 — разрывные нарушения, определенные по данным газовой съемки

траций углекислого газа, метана, сероводорода, сернистого газа, водорода, углеводородов, паров ртути и некоторых других газов в подпочвенном воздухе, как поисковых признаков месторождений различных полезных ископаемых. Наиболее полно в геологоразведочной практике разработаны методы прямых поисков нефтяных и газовых залежей по углеводородным газам и методы поисков сульфидных (в том числе ртутных) месторождений по газовым ореолам паров ртути, углекислого и сернистого газов.

Сущность газовых съемок заключается в отборе проб почвенного воздуха с помощью трубчатых пробоотборников или в виде газокерновых проб с последующим их анализом на содержание перечисленных выше газов. Пробы отбираются из скважин диаметром 43—65 мм с глубин около 1,5 м. Бурение мелких скважин осуществляется мотобурами. Быстрое определение сернистого и углекислого газов и суммы углеводородов производится непосред-

ственно на точках наблюдения с помощью переносных газоанализаторов, а содержание паров ртути — с помощью смонтированного на автомашине атомно-абсорбционного газоанализатора или газокориметрическим методом.

Наиболее рационально проводить газовые съемки в масштабе 1 : 50 000 по профилям через 500 м с отбором проб через каждые 100 м.

Преимуществом атмохимических съемок является их высокая производительность и оперативность, особенно с применением полу- или автоматической аналитической аппаратуры, смонтированной на автомашинах, вертолетах или самолетах. По данным М. А. Карасика и С. И. Кирикилицы при поисках скрытого эндогенного оруденения, помимо уже известных, широко используемых атмохимических индикаторов (ртути, гелия, водорода, углекислого газа и метана) в качестве вспомогательных индикаторов используются кислород, азот, аргон, радон, сероводород и сернистый газ. Теоретически обоснована и отчасти экспериментально доказана возможность использования в качестве атмохимических индикаторов (по свойствам, определяющим их газовую или конденсатную схемы диссоциации) фтора, йода, мышьяка и сурьмы, в меньшей степени — брома, хлора и торона.

Результаты газовых съемок оформляются в виде графиков содержания газов по профилям или в виде изолиний на планах (рис. 13).

### **УСЛОВИЯ ПРИМЕНЕНИЯ ПОИСКОВЫХ МЕТОДОВ И КОМПЛЕКСЫ ВЫЯВЛЯЕМЫХ ИМИ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ**

Все рассмотренные выше методы оправдали себя в практике поисковых работ, однако возможности и перспективы развития каждого из них различны.

С помощью геолого-минералогических методов возможны поиски полезных ископаемых весьма широкого спектра — от рудных месторождений черных, цветных, редких и благородных металлов до месторождений полезных пород и минералов, драгоценных камней, месторождений твердых и жидких горючих ископаемых. Особенно большую роль играют геолого-минералогические методы на ранних этапах изучения малоосвоенных районов, открытых для непосредственного геологического изучения. Несмотря на ограниченные возможности проникновения взглядом под толщи горных пород и рыхлых отложений, геолого-минералогические методы поисков остаются и в наше время обязательным элементом любых геологических исследований. Умелое их использование в комплексе и наряду с другими поисковыми методами способствует выявлению наиболее надежных поисковых признаков полезных ископаемых, при условии, что геолог-поисковик в совершенстве владеет методами диагностики минералов и обширными знаниями в области геологии и минералогии полезных ископаемых. В связи с дальнейшим развитием дистанционных методов изучения Земли визуальные

геолого-минералогические методы поисковых полезных ископаемых будут развиваться и совершенствоваться.

Существующие геофизические методы способствуют обнаружению и оценке труднооткрываемых месторождений полезных ископаемых, не выходящих на поверхность, перекрытых и слепых, однако далеко не все виды полезных ископаемых поддаются выявлению этими методами. В настоящее время прямыми геофизическими поисками уверенно выявляются лишь скрытые месторождения магнитных, сульфидных, радиоактивных руд и некоторые редкометалльные месторождения, а при поисках остальных полезных ископаемых геофизические методы играют хотя и важную, но второстепенную роль. Заметное расширение спектра выявляемых полезных ископаемых следует ожидать в связи с развитием и совершенствованием ядерно-физических поисковых методов.

С помощью современных геохимических методов можно выявлять широкий спектр полезных ископаемых, залегающих в различных условиях и охватывающих все месторождения, в которых полезные компоненты представлены минералогенными элементами. К ним относятся рудные месторождения цветных, редких, благородных и радиоактивных металлов, месторождения флюорита и некоторых других полезных ископаемых. Однако геохимические методы не эффективны при поисках полезных ископаемых, представленных петрогенными и широко распространенными элементами. К ним относятся руды черных и легких металлов, агрономические и химические руды, многие полезные породы и минералы.

Наиболее распространенные литохимические методы поисков непрерывно совершенствуются, а их перспективы и возможности расширяются в связи с совершенствованием аналитических методов. Перспективы гидрохимических и тем более биохимических методов не столь радужны в связи со сложностями интерпретации результатов из-за обилия факторов, влияющих на содержания элементов-индикаторов оруденения в ореолах. Более благоприятными представляются перспективы атмосферических методов, разработка которых еще только начинается.

#### Контрольные вопросы

1. Перечислите наиболее распространенные геолого-минералогические методы поисков и охарактеризуйте их основные особенности.
2. Каковы эффективность и возможности наземных и аэровизуальных методов?
3. Дайте характеристику поисковых возможностей трех важнейших разновидностей валунно-обломочных методов поисков.
4. В чем заключается сущность шлихового метода поисков и для каких видов полезных ископаемых эффективно его применение?
5. Как выбираются места отбора шлиховых проб?
6. Как производится отбор и обогащение шлиховых проб?
7. Как проводятся анализы и изучение шлихов?
8. Как обобщаются результаты шлиховых съемок?
9. Охарактеризуйте поисковые возможности магнитометрического метода.
10. Какие полезные ископаемые могут быть выявлены с помощью электро-разведочных методов?

11. Охарактеризуйте возможность аэrorадиометрических, наземных и глубинных радиометрических методов для поисков радиоактивных металлов и других видов полезных ископаемых.

12. Каковы поисковые возможности и перспективы развития ядерно-физических методов поисков?

13. Перечислите основные виды геохимических методов поисков полезных ископаемых с указанием комплексов выявляемых полезных ископаемых.

14. Как определяются абсолютные и относительные градиенты контрастности элементов в первичных ореолах и для чего они используются?

15. Как определяются величины линейных и площадных продуктивностей элементов?

16. Что такое «коэффициент контрастности» элементов и его назначение?

17. Какие оценочно-прогностические задачи могут быть решены по результатам интерпретации геохимических аномалий в коренных породах?

18. В каких условиях и для комплекса каких полезных ископаемых эффективно применение литохимических методов поисков по остаточным ореолам? Охарактеризуйте особенности их проведения.

19. В каких условиях и для комплекса каких полезных ископаемых эффективно применение литохимических поисков по потокам рассеяния в донных осадках? Охарактеризуйте особенности их проведения и взаимоотношения со шлиховой съемкой.

20. В чем заключаются сложности интерпретации результатов гидрохимических методов поисков? В каких условиях и для каких видов полезных ископаемых эффективно их применение?

21. Охарактеризуйте особенности проведения гидрохимических методов поисков и методы интерпретации результатов.

22. Как проводятся биохимические методы поисков и чем определяется их глубинность?

23. В каких условиях целесообразно применение биохимических методов поисков и в чем заключаются сложности интерпретации их результатов?

24. На чем основана возможность применения атмосферических методов поисков? Как они проводятся, какова их эффективность и перспективы развития?

25. Охарактеризуйте возможность применения геолого-минералогических, геофизических и геохимических методов для целей поисков комплексов важнейших полезных ископаемых.

## Глава 5.

### ОПТИМИЗАЦИЯ УСЛОВИЙ ПОИСКОВЫХ РАБОТ

Рациональный комплекс поисковых работ включает ландшафтные, геолого-минералогические, геофизические и геохимические исследования с применением широкого спектра технических транспортных и горно-буровых средств, сочетание которых обеспечивает наиболее полное выявление и оценку объектов поисков — потенциальных рудных полей и месторождений полезных ископаемых с наименьшими затратами и в кратчайший срок. Выбор рационального комплекса поисковых методов и оптимизация условий проведения поисковых работ весьма сложная задача, решение которой зависит от целей работ и конкретной природной обстановки с учетом пространственных и временных факторов. При этом в соответствии с принципом последовательных приближений обязательно строгое соблюдение определенной последовательности работ, обеспечивающее постепенное возрастание плотности информации о поисковых объектах, а для реализации принципов ана-

логии и выборочной детализации необходимо многократное чередование геологических, геофизических и геохимических методов исследований воздушных, наземных и скважинных вариантов

При выборе оптимальных условий и комплекса поисковых работ решающее значение имеют также и экономические показатели их эффективности.

## § 1. Принципы комплексирования поисковых методов

Необходимость комплексирования различных модификаций геолого-минералогических, геофизических и геохимических поисковых методов обусловлена недоступностью объектов поисков для прямых наблюдений и многовариантностью толкования полученных результатов. Комплексное использование нескольких различных методов существенно уменьшает многозначность толкования результатов, повышает информативность сведений и эффективность поисковых работ.

В комплекс целесообразно включать только те методы, которые позволяют получать дополняющие друг друга полезные сведения об объектах исследования, особенно качественно новую информацию об их составе или строении.

Наиболее полно вопросы рационального комплексирования поисковых методов рассмотрены в [19], а применительно к проведению геофизических исследований в [27, 28]. Рациональный комплекс поисковых работ должен обеспечивать максимальную суммарную информативность сведений, т. е. объем полезной информации для наилучшего и наиболее полного решения поисковой задачи при минимальных затратах времени и средств.

Для отбора комплекса наиболее информативных поисковых методов, которые позволяют решить поисковую задачу наиболее полно, необходимо располагать априорной информацией о возможностях каждого из них в условиях, аналогичных условиям проектируемых поисковых работ. Эта информация может быть получена только по принципу аналогии, с учетом опыта применения данного метода в сходных условиях или, реализуя принцип выборочной детализации, на основании опытно-экспериментальных исследований в пределах «ключевых» участков данной территории.

Все поисковые методы, результаты которых, взаимно дополняя друг друга, обеспечивают получение максимальной информации для выявления и оценки объекта поисков, образуют геологически эффективный комплекс. Вследствие разнообразия природных обстановок и условий проявления различных полезных ископаемых, каждый новый поисковый метод, способствующий их выявлению, вносит некоторую долю дополнительных сведений в общую сумму полезной информации за счет применения еще одного дополнительного метода часто не оправдывает затрат времени и средств на его проведение. Поэтому оптимизация геологически эффективного комплекса поисковых методов заключается

в том, чтобы выбрать из них такие методы, которые в совокупности решали бы поисковую задачу с минимальными затратами и в кратчайшие сроки. Комплексы поисковых методов, эффективные как в геологическом, так и в экономическом отношении, считаются оптимальными комплексами.

При выборе геологически эффективных комплексов поисковых работ необходимо учитывать их цели и конкретные задачи, особенно геологического строения, современной и палеоландшафтной обстановок, проявления в них поисковых признаков полезных ископаемых, поисковые возможности оцениваемых методов и другие факторы, оказывающие заметное влияние на степень информативности получаемых сведений. С этой целью могут быть использованы различные подходы, основанные на применении статистически-информационных способов, теории игр или экспериментальных способов оценки геологической эффективности поисковых методов.

Статистические способы основаны на сравнительных оценках контрастностей, эффективных размеров и других статистических характеристик аномалий, выявляемых с помощью каждого из методов, а информационные методы — в расчетах информации, получаемой в результате применения того или иного метода, при решении конкретной поисковой задачи. Расчет информативности основан на оценке среднего количества информации о системе А, содержащейся в сообщении о состоянии систем В, по разности энтропий до и после сообщения [28]. Способы, основанные на теории игр, используют возможность теории игр соответствующего раздела математики, позволяющую находить оптимальные решения в условиях неопределенности. Экспериментальный способ, наиболее достоверный в условиях геологоразведочных работ, основан, как уже отмечалось, на принципах аналогии и выборочной детализации наблюдений на эталонных (ключевых) участках.

## **§ 2. Выбор рациональных комплексов поисковых методов**

При выборе рациональных комплексов поисковых методов учитываются цели и задачи геологоразведочных работ, природные условия ведения поисковых работ и прогнозируемые геолого-промышленные (формационные) типы месторождений полезных ископаемых.

При проведении среднемасштабных геологических съемок (масштаба 1:100 000—1:200 000 и мельче) комплексы сопровождающих их поисковых работ должны обеспечивать выявление и оценку перспектив потенциальных рудных бассейнов, районов и узлов на все виды полезных ископаемых с оценкой их прогнозных ресурсов по категории  $P_3$ .

При проведении крупномасштабных специализированных геологических съемок (масштаба 1:50 000 и крупнее) комплексы поисковых работ должны быть ориентированы на комплекс полезных ископаемых, свойственный данному рудному узлу (бассейну), и

обеспечивать оценку их прогнозных ресурсов по категории  $P_2$ . Рациональные комплексы поисковых работ для различных природных условий разработаны и рекомендованы В. И. Красниковым в зависимости от типов регионально-геологических структур [19].

В пределах щитов и эродированных складчатых областей преобладают рудовмещающие структуры субвертикальной ориентировки, в которых располагаются месторождения самых различных полезных ископаемых. Благодаря совокупному действию тектонических и денудационных процессов геологическое картирование и поиски в этих условиях могут основываться на естественном эрозионном вскрытии рудоносных формаций и залегающих в них месторождений. Рациональные комплексы поисковых работ включают в себя геолого-минералогические, геофизические и геохимические поисковые методы преимущественно в аэровоздушных и наземных вариантах.

В открытых районах платформ непосредственному наблюдению с воздуха или с поверхности земли доступны лишь верхние слои платформенного этажа, а их более глубокие горизонты с рудовмещающими структурами субгоризонтальной ориентировки или секущие структуры, осложненные проявлением платформенного магматизма, недоступны наблюдению. В полной мере это относится и к складчатому или кристаллическому фундаменту платформ. Для опознания закрытых структур необходимо применение скважинных модификаций поисковых методов.

В закрытых районах с региональным развитием покровов рыхлых или слоистых кайнозойских отложений выходы рудовмещающих пород и признаки полезных ископаемых практически отсутствуют, в связи с чем поиски в этих условиях возможны лишь с применением картировочного и поискового бурения в комплексе с глубинными структурно-геофизическими исследованиями.

Выбор рациональных методов и комплексов поисковых работ для выявления новых месторождений определенного геолого-промышленного типа зависит от геологических условий их локализации, морфологических особенностей и вещественного состава полезных ископаемых, контрастности их физических свойств и свойств вмещающих пород, устойчивости полезных минералов в зоне гипергенеза и других свойств, определяющих возможность формирования солевых, и других ореолов, потоков и ареалов рассеяния элементов и минералов, как важнейших поисковых признаков. Например, в рациональных комплексах поисковых методов при поисках месторождений, обладающих контрастными физическими свойствами по сравнению со свойствами вмещающих пород, доминируют геофизические методы; при поисках месторождений, представленных полезными минералами, устойчивыми в условиях зоны гипергенеза, преобладают шлиховые методы; при поисках месторождений микроэлементов — геохимические методы и т. д. Существенное значение при выборе рациональных поисковых методов имеет подвижность (миграционная способность) данного элемента в условиях дневной поверхности, условия залегания и

вероятные эрозионные срезы залежей полезных ископаемых и многие другие особенности месторождений конкретных геолого-промышленных типов, определяющие степень проявленности и достоверности их поисковых признаков.

### § 3. Выбор оптимального комплекса и соотношений горных и буровых работ

При поисках полезных ископаемых широко используются такие технические средства, как различные поверхностные горные выработки (расчистки, закопушки, канавы, траншеи и шурфы), шпурсы и скважины. Их роль и значение возрастают по мере детализации и укрупнения масштабов поисковых работ, в условиях ухудшающейся обнаженности горных пород, с переходом к поискам скрытых, перекрытых и не выходящих на поверхность месторождений, а также при поисках россыпей, месторождений полезных минералов и некоторых других видов полезных ископаемых.

На ранних стадиях поисков рудных полей и месторождений на территориях эродированных щитов, складчатых и активизированных областей в основном используются расчистки, закопушки, шпурсы и мелкие скважины главным образом для целей шлихового и геохимического опробования, изучения аномалий и проявлений полезной минерализации. По мере укрупнения масштабов и детализации поисковых работ, особенно на участках выборочной детализации наблюдений, при проверках аномальных участков и зон появляется необходимость в проходках канав и бурении картировочных скважин. В пределах перспективных площадей, на предполагаемых выходах потенциальных месторождений, помимо прослеживаемых и магистральных канав, проходятся не только картировочные, но и поисковые шурфы и скважины, а при обнаружении признаков полезной минерализации — оценочные шурфы и скважины.

Как правило, глубины поисковых и оценочных горных выработок и скважин постепенно возрастают, поскольку возникают задачи изучения зон окисления полезных ископаемых и изменений их продуктивности с глубиной. При этом вместо бурения оценочных скважин часто проходятся глубокие шурфы, что обеспечивает возможность изучения текстурно-структурных особенностей полезных ископаемых и повышение достоверности опробования рудных выходов.

Роль поверхностных горных выработок, шпуров и скважин возрастает также при проведении поисковых работ в условиях плохой обнаженности, вплоть до перехода к систематическому разбуриванию территории по системам поисковых разрезов или поисковыми сетями скважин, равномерно размещенных по всей ее площади.

Способы искусственного обнажения поисковых объектов приобретают доминирующее значение и при проведении поисковых работ на некоторые специфические виды полезных ископаемых.

Так, например, при поисках россыпных месторождений поисковые шурфы или скважины используются на протяжении всего периода работ, начиная с момента обнаружения полезных минералов в шлихах. При этом предпочтение тому или иному техническому средству отдается в зависимости от стадии поисковых работ, природных условий поисков, типа и характера, пространственного размещения полезного ископаемого. В общем случае, в начальные периоды поисков предпочитают бурение скважин, а в конце — проходку шурфов для подтверждения результатов опробования. В условиях многолетней мерзлоты часто предпочитают проходку поисковых шурфов, с постепенным оттаиванием мерзлого слоя песков. При поисках ильменит-циркон-рутил-магнетитовых россыпей с высокими и сравнительно равномерными содержаниями полезных минералов обычно используются буровые скважины, а при поисках алмазных, золотых или платиновых россыпей с низкими и неравномерными содержаниями ценных минералов — поисковые шурфы, позволяющие отбирать пробы крупных объемов.

Таким образом, при проведении геологических съемок и в начале поисковых работ в качестве технических средств для создания искусственных обнажений чаще всего используются мелкие расчистки, закопушки и шпурсы, проходка которых осуществляется ручным способом или с помощью портативных приборов и установок. При проведении съемочно-поисковых и детальных поисковых работ все шире используются неглубокие до 100—150 м картировочные и поисковые буровые скважины, а также поверхностные горные выработки — канавы, реже траншеи и шурфы. Бурение скважин осуществляется с помощью мотобуров, самоходных колонковых и шиековых буровых установок, высокопроходимых буровых установок, смонтированных на вездеходах, и другой мобильной техники. Для проходки канав используются бульдозеры, многоковшовые и специальные канавокопатели, скреперные установки, а для проходки шурфов — шурфопроходческие агрегаты. Особенно широкое применение эта техника находит при проведении детализационных поисковых, поисково-оценочных работ, а также при поисках скрытых месторождений, не выходящих и не выходивших ранее на дневную поверхность.

При выборе оптимального комплекса горных и буровых работ предпочтение отдается тем техническим средствам, применение которых в конкретных условиях ведения поисков обеспечивает максимальную экономию времени и средств. Только для расшифровки сложных геологических структур, обеспечения высокой достоверности опробования и значительных масс отбираемых проб, а также для оценок выявленных рудопоявлений на стадии поисково-оценочных работ возникает необходимость обязательного применения поверхностных горных выработок, доля которых зависит от сложности строения оцениваемых объектов и ожидаемой достоверности получаемых результатов.

#### § 4. Оптимизация геометрии поисковых сетей

Повышению эффективности поисковых работ способствует выбор такой геометрии поисковой сети наблюдений, при которой обеспечивается выявление и оценка объектов поисков с минимальными затратами времени и труда. Для этого необходимо правильно ориентировать поисковые маршруты, выбрать оптимальные расстояния между ними и между точками наблюдений по каждому из маршрутов.

Методически обоснованная оптимизация геометрии поисковых сетей возможна лишь в самых общих чертах, так как до начала работ сведения об условиях залегания и морфологии объектов поисков весьма ограничены.

В стремлении канонизировать методику рассева оптимальных геометрических сетей скважин или опробования И. Д. Савинским в 1964 г. были составлены таблицы вероятностей подсечения объектов эллиптической формы случайно расположенной прямоугольной сетью, а в 1967 г. А. М. Шурыгиным было предложено решение задачи разбиения поисковой сети, обеспечивающее подсечение залежей определенной формы и размеров с заданной вероятностью при минимальном числе скважин. Очевидно, что в обоих случаях размеры и формы гипотетических залежей неизвестны. Они могут предполагаться лишь по принципу аналогии, что заведомо исключает необходимость тщательно обоснованных количественных расчетов. К тому же объектами поисковых работ являются не отдельные залежи полезных ископаемых, а рудные поля или месторождения, размеры которых на несколько порядков больше размеров залежей. Кроме того, в задачу поисков входит не столько подсечение рудных скоплений (хотя бы одной скважиной), сколько выявление поисковых признаков рудных полей или месторождений, т. е. площадей с аномальными концентрациями полезных компонентов (или других указателей полезной минерализации) и закономерностей их пространственного размещения в пределах этих площадей. Поэтому при оптимизации геометрии поисковой сети и числа наблюдений на единицу площади следует исходить из масштаба поисковых работ и размеров прогнозируемых объектов, которыми определяются формы и размеры статистических окон сглаживания исходных данных.

В геологоразведочной практике поисковые маршруты ориентируются, как правило, в направлении максимальной изменчивости свойств поисковых объектов — вкрест простираения установленных или предполагаемых рудоносных структур, а для поисковых методов, основанных на исследованиях гидросети, — вдоль тальвегов рек, ручьев и временно действующих водотоков.

Густота маршрутов выбирается в зависимости от масштабов поисковых работ. Обычно они располагаются на расстояниях в 1 см друг от друга на картах соответствующих масштабов, т. е. через 500 м при поисках масштаба 1 : 50 000, через 100 м при поисках масштаба 1 : 10 000 и через 20 м при поисках масштаба

1 : 2000. По линиям маршрутов точки наблюдений сгущаются в 5—10 раз. Для большинства наземных видов поисковых работ число точек наблюдений на 1 см<sup>2</sup> карты составляет от 4 до 10, в зависимости от вида и масштаба поисков, сложности геологического строения территории и степени проявленности поисковых признаков. В пересчете на 1 км<sup>2</sup> территории это составляет примерно 40, 500 и 10 000 точек (проб), соответственно для поисков масштабов 1 : 50 000, 1 : 10 000 и 1 : 2000.

В зависимости от представлений об условиях залегания и морфологических особенностях объектов поисков ячейки поисковых сетей могут быть прямоугольными или квадратными. Как уже было сказано, при наземных съемках преобладают отчетливо прямоугольные сети, вытянутые по простиранию рудоносных структур. Это связано с тем, что по условиям проведения поисков любое сгущение наблюдений по направлению маршрута (вплоть до сплошной записи сигнала при использовании самописцев) не вызывает особых осложнений, в то время как сгущение линий маршрутов равноценно укрупнению масштаба поисковых работ. При выборе оптимальных соотношений сторон ячеек поисковых сетей (зависящих от расстояний между смежными точками наблюдений по маршруту и расстояний между маршрутами) ориентируются на представления об анизотропии форм поисковых объектов, выраженных соотношениями их длин и широт. Так, например, при поисках долинной россыпи лентообразной формы, длина которой на два порядка больше ее ширины, расстояния между поисковыми шурфами или скважинами на профилях не должны превышать одного-двух десятков метров, если расстояния между смежными поперечными профилями составляют несколько сотен метров. При поисках минерализованной зоны, контролируемой системой субпараллельных тектонических нарушений, длинные оси ячеек поисковой сети ориентируются вдоль этих нарушений, а отношения длинных и коротких их сторон определяются предлагаемым отношением длины и ширины зоны минерализованных пород и т. д. Лишь в тех случаях, когда предполагаются примерно изометрические контуры поисковых объектов или четкие представления об их морфологических особенностях отсутствуют, рекомендуется использовать квадратные поисковые сети.

При поисках перекрытых или слепых рудных полей и месторождений с помощью буровых скважин размеры ячеек поисковой сети увеличиваются с увеличением мощностей перекрывающих отложений. Как правило, плотности поисковых сетей в таких случаях значительно меньше, чем при открытых поисковых работах. Для поисков в закрытых районах масштаба 1 : 50 000 число поисковых скважин на 1 км<sup>2</sup> измеряется единицами, для масштаба 1 : 10 000 редко превышает 30—40, а для масштаба 1 : 2000 — 100—120 скважин. Часто при выборе расстояний между соседними поисковыми профилями и скважинами на профилях учитываются возможности их последующего сгущения на участках поисково-разведочных и предварительных разведочных работ. Например,

при поисках вытянутых урановородных зон инфильтрационного происхождения используются поисковые сети  $1,6 \times 0,4$  км, которые на перспективных участках последовательно сгущаются до  $800 \times 200$  м, а на участках детализированных работ — до  $400 \times 100$  м и т. д.

С позиций требований статистической обработки исходных данных с целью выявления закономерных составляющих изменчивости изучаемых поисковых признаков используемые на практике поисковые сети вполне приемлемы. Во многих случаях сети наблюдений наземных поисковых работ представляются даже излишне плотными, однако с учетом различной степени проявления поисковых признаков в приповерхностных условиях и незначительности экономического эффекта от разрежения точек наблюдений по маршрутам следует ориентироваться на установленные практикой данные. В пределе на каждый квадратный сантиметр карты данного масштаба должно быть не менее одной точки наблюдения.

## **§ 5. Требования к геологической документации объектов наблюдений**

Первичные документы, содержащие описание проведенных геологических, геофизических и геохимических исследований, — это единственный реальный материал, отражающий существо проведенных работ. От их качества и достоверности зависят результаты поисков, а следовательно, и эффективность проведенных работ. Прежде всего, для каждого объекта полевых наблюдений должно быть достоверно определено его пространственное положение, установлены фактические плотность и густота поисковой сети. С этой целью по всем видам поисковых работ составляются карты фактического материала, на которые выносятся линии картировочных и поисковых маршрутов с указаниями всех точек наблюдений и пробоотбора, естественных обнажений, горных выработок и скважин, контуры выявленных перспективных площадей и участков детализационных работ.

При поисковых работах масштаба  $1 : 50\,000$  привязка наблюдений производится визуально с использованием контактных аэрофотоснимков близкого масштаба. При отсутствии аэрофотоматериалов, особенно при работах в равнинных местностях, проводится полуинструментальная привязка наблюдений с помощью bussольных ходов от теодолитной магистрали. Начиная с масштаба  $1 : 10\,000$  обязательна инструментальная привязка всех видов наблюдений. Для этого от теодолитных магистралей в масштабе съемки прокладываются параллельные тахеометрические маршруты, положение которых закрепляется на местности пикетажными колышками. В дальнейшем все виды поисковых наблюдений привязываются к ближайшему пикету соответствующего маршрута, а линии основных магистралей — к местной триангуляционной сети.

Геологическая документация картировочных и поисковых горных выработок и скважин включает: описание вскрытого разреза почвенного покрова, рыхлых отложений и коренных пород, необходимые зарисовки или фотографии (главным образом, обнажений и горных выработок), а также отбор образцов и проб.

При описании разрезов следует обращать внимание не только на коренные породы, но и на особенности строения и состава почвенного покрова и рыхлых отложений с оценкой их слоистости, гранулометрических и литолого-петрографических характеристик обломков, содержащихся в них пород, и других особенностей, определяющих их генетические типы.

В дальнейшем все эти данные должны использоваться в качестве эталонных при составлении ландшафтных и палеоландшафтных карт для оценки сложности опосредования конкретных ландшафтов. Основное внимание при описании коренных пород уделяется их строению и составу, литологическим особенностям, характеру слоистости и физическому состоянию осадочных пород, петрографическому составу, текстурно-структурным особенностям и зональности магматических пород, фациями метаморфизма и проявлениями диафореза метаморфических пород, а также выявлению элементов тектоники и прототектоники, признаков околорудных изменений и других поисковых признаков полезных ископаемых.

Во всех картировочных и поисковых горных выработках рекомендуется зарисовать их почву В шурфах, кроме того, и одну из стенок, как правило, ту, которая ориентирована вкостр простирающихся рудоконтролирующих структур. В случаях, когда в забоях или стенках горных выработок наблюдаются отчетливые соотношения разновозрастных геологических образований, структурно-текстурные особенности рудовмещающих пород, проявления рудной минерализации или другие элементы геологического строения, детальное изучение которых может способствовать выявлению или уточнению поисковых предпосылок, признаков или других геологических критериев рудоносности, рекомендуется их зарисовать или сфотографировать на черно-белую или цветную пленку

Особое внимание при изучении разрезов вмещающих пород следует уделять изучению метасоматических изменений, для выяснения их формационного типа и характера метасоматической зональности. Для целей картирования эпипород целесообразен массовый отбор образцов с целью их дальнейшего микроскопического изучения или для определения их важнейших физических свойств — плотности и магнитной восприимчивости, по корреляционным соотношениям которых возможно картирование метасоматитов. Как правило, все поисковые скважины и горные выработки подвергаются геохимическому опробованию, причем если в горных выработках обнаружены признаки полезной минерализации, обязательно тщательное геохимическое опробование не только коренных пород, но и перекрывающих их рыхлых и почвенных отложений. Это необходимо для получения эталонов, обеспечивающих

исходные данные о поведении элементов-индикаторов и элементов-спутников оруденения в разрезах этих отложений, суждения о положении представительного горизонта и расчета критических мощностей для ландшафтов различных типов

Помимо массового геохимического опробования горных выработок, из них отбираются пробы с проявлениями гидротермальных и других образований, остаточных и гипергенных минералов, метасоматически измененных пород, структурных лимонитов и других новообразований для проведения полных спектральных и других анализов на возможные концентрации полезных компонентов.

Во всех поисковых и картировочных скважинах проводится гамма- и электрокаротаж, а при необходимости и другие виды каротажа, в зависимости от комплекса прогнозируемых полезных ископаемых.

По данным первичной документации поверхностных горных выработок, поисковых и картировочных скважин составляются геологические разрезы и карты, а с использованием всей совокупности данных — сводные документы, отражающие результаты проведенных поисковых работ.

#### § 6. Выбор рациональных методов шлихового, геохимического и рядового опробования

В период поисковых работ проводится систематическое опробование горных пород, рыхлых отложений и проявлений полезной минерализации для изучения их минерального и химического состава, зональности и внутреннего строения. В зависимости от целевого назначения, способа и объектов пробоотбора различают:

- шлиховое опробование аллювиальных и делювиальных отложений;
- геохимическое опробование коренных пород, рыхлых отложений, природных вод, растительного покрова и газов;
- рядовое опробование проявлений полезной минерализации и вмещающих пород.

*Шлиховое опробование* производится для изучения состава, зональности и количественных отношений тяжелых минералов в аллювиальных механических потоках, также в делювиальных ореолах их рассеяния при проведении поисковых и поисково-разведочных работ.

Для целей эффективного шлихового опробования необходимо правильно выбирать места взятия шлиховых проб, обосновать рациональный способ их отбора и первичной обработки

В предыдущей главе рассмотрены основные требования к правильному выбору мест взятия шлиховых проб. Шлихи должны отбираться по возможности из нижних приплотиковых частей аллювиальных отложений на участках резких замедлений течения вод, ниже и выше каждого притока, впадающего в речку, по которой проводится маршрут. Плотность шлиховых проб может изменяться от одной до пяти и более на 1 км водотока в зависимости от целей,

задач и масштабов шлиховых съе­мок. Значительно бо­льшая плот­ность шлихового оп­робования необходима при проведении поиско­вых и поисково-разведочных работ в пределах широких (зрелых) речных долин на выявление и оценку долинных и террасовых рос­сыпей.

Отбор шлиховых проб производится непосредственно из аллю­виальных отложений, из закопшек, шурфов или скважин. Во всех случаях фиксируется и описывается место отбора пробы, а также определяется ее объем, так как в дальнейшем все шлихи и содер­жания полезных минералов должны быть пересечены на единицу объема рыхлых отложений. Определение объема пробы произво­дится визуально по объему ковша или лотка, в который она промы­вается. Объемы пробных ковшей составляют примерно  $0,005 \text{ м}^3$ , а больших лотков — близки к  $0,01 \text{ м}^3$ . При шлиховом оп­робовании поисковых скважин, закопшек и шурфов для определения объема шлиховых проб применяются специальные мерные ящики — ен­довки. Ендовки имеют размеры: по дну  $50 \times 20$ , по верху  $60 \times 30 \text{ см}^3$ , по глубине 20 см. Объем ендовки составляет  $0,28 \text{ м}^3$ , что при коэф­фициенте разрыхления песков 1,4 соответствует  $0,02 \text{ м}^3$  породы в плотной массе, т. е. около 45—50 кг.

В начальной стадии поисков объемы шлиховых проб составляют  $0,005—0,01 \text{ м}^3$ , т. е. примерно один-два ковша или лотка. С укруп­нением масштабов поисков они увеличиваются до  $0,01—0,02 \text{ м}^3$  особенно при поисках россыпных месторождений с крупными зернами ценных минералов. При поисково-разведочных (и разве­дочных) работах на россыпных месторождениях, при отборах шли­ховых проб из поисково-разведочных скважин и шурфов объемы шлиховых проб могут возра­стать до 5—8 ендовок и более.

Как правило, объемы русловых проб при проведении массовых шлиховых поисков не превышают  $0,01—0,02 \text{ м}^3$ , а объемы кон­трольных проб из закопшек достигают  $0,03—0,05 \text{ м}^3$ . При этом решающее влияние на увеличение объемов шлиховых проб ока­зывают прогнозы, предопределяющие возможность выявления шли­ховых ореолов с крупными размерами зерен ценных минералов (в первую очередь золота и платины).

Отбираемые в поисковых маршрутах шлиховые пробы подвер­гаются промыванию в лотках, ковшах, поисковых винтовых сепараторах, реже в вашгердах (в Сибири — в бутарах), ручных оп­робовательских приборах (РОП-2) или передвижных обога­тительных механизированных установках (ПОУ-4, УРП, РПУ-2М и др.), которые обычно используются при поисково-разведочных и разве­дочных работах.

Промывка шлиховой пробы проводится в несколько приемов. Вначале выполняется оперяющее отмучивание глинистой части пробы путем тщательного растирания (вручную) и смывтия глинистых скоплений для освобождения содержащихся в них шли­ховых минералов. При этом крупная галька, попавшая в пробу, выбрасывается, если она не содержит включений ценных мине­ралов. Затем проба промывается для удаления значительной

части породообразующих минералов легкого веса и получения так называемого «серого» шлиха. Когда значительная часть пробы смыта, производится его доводка до состояния «черного» шлиха. Поскольку при доводке шлиха могут быть смыты и некоторые ценные минералы, часто в поле пробу промывают только до «серого» шлиха, а доводку производят уже в стационарных условиях. При использовании поисковых вишговых сепараторов доводку шлиха можно производить в полевых или стационарных лабораториях.

*Геохимическое опробование* является важнейшей операцией специализированных геологических и геохимических съемок, а также поисков и разведки месторождений полезных ископаемых. В зависимости от видов и стадии геологоразведочных работ целью геохимического опробования является выявление и оконтуривание:

- площадей, сложенных комплексами пород, специализированных на те или иные элементы;
- ареалов повышенной концентрации элементов;
- индикаторов и спутников оруденения в горных породах, рыхлых отложениях, водах или в растительном покрове;
- ореолов рассеяния этих элементов в коренных породах или перекрывающих их рыхлых отложениях вокруг скоплений полезных ископаемых различных масштабов

Методы геохимического опробования коренных пород, остаточных ореолов рассеяния и дальнеприносных рыхлых отложений существенно различаются. При опробовании дальнеприносных рыхлых отложений, донных осадков, природных вод и растительного покрова, опробуемые объемы могут рассматриваться как взаимонезависимые, поскольку в них не проявляются пространственные связи между элементами, существовавшие в коренных массивах. Продукты выветривания и денудации представляют собой почти идеальную среднюю природную пробу, отражающую в своем составе наличие повышенных концентраций рудных элементов в материнских породах. Поэтому кроме объемов проб остальные их геометрические элементы не оказывают влияния на статистические характеристики изменчивости содержаний, а средние содержания по совокупности таких проб близки к истинным средним в объемах, на которые распространяются данные опробования.

При выборе оптимальных способов пробоотбора важно обеспечить лишь достаточные массы проб и их благоприятный гранулометрический состав. В частности, при опробовании донных осадков рекомендуется брать пробы из мелкого илисто-глинистого материала. Высокая представительность проб позволяет ограничиться массами порядка 0,2—0,3 кг, и лишь для исключения возможных влияний локальных факторов рекомендуется в каждой точке опробования отбирать две-три пробы, особенно при проведении мелко-масштабных работ. В равной степени сказанное относится и к выбору рациональных способов отбора гидрохимических и биогеохимических проб. В последнем случае для повышения вероятностей

выявления повышенных концентраций искоемых элементов следует отбирать благоприятные виды и органы растений.

При отборе геохимических проб из коренных пород, структурных кор выветривания и элювиально-делювиальных отложений следует учитывать, что на статистические характеристики изменчивости содержаний по таким пробам оказывают влияние не только объемы, но и их форма, размеры и ориентировка. Поэтому из-за геологической неоднородности строения минерализованных участков недр средние содержания вычисленных по совокупности мелких проб могут не соответствовать средним содержаниям элементов в тех объемах, на которые распространяются данные опробования.

Если результаты геохимического опробования предполагается использовать только для оценок средних содержаний элементов, их натуральных фонов и аномальных концентраций в объемах недр, установленных и заведомо оконтуренных другими, независимыми способами, достаточно отобрать со всей оцениваемой площади или с нескольких элементарных площадок в ее пределах серию мелких «сколковых» проб. При этом необходимо, чтобы общее число сколковых проб, приходящееся на каждую элементарную площадку, было бы не менее 15—20 (малая выборка), а площадки располагались бы более или менее равномерно по всей площади. Размеры элементарных площадок не оказывают в данном случае существенного влияния на достоверность оценочных данных.

Если же в задачу геохимического опробования входит не только оценка средних содержаний, но и оконтуривание ареалов или ореолов с повышенными концентрациями элементов-индикаторов оруденения, а также изучение их структурных особенностей, необходимо обеспечить не только достоверность, но и приемлемую представительность геохимических проб, позволяющую распространять содержания элементов по пробам на прилегающие к ним объемы недр. В таких случаях геометрия сборной пробы, т. е. размеры элементарных площадок и расстояния между ними, должны выбираться с учетом масштаба изучения и размеров подлежащих оконтуриванию поисковых объектов. В общем случае по мере укрупнения масштабов поисковых работ размеры элементарных площадок могут уменьшаться от 25 до 1 м<sup>2</sup> при числе частных сколковых проб от 10 до 25, в зависимости от степени неоднородности опробуемых образований. Такие геометрические характеристики опробуемых площадок обеспечат проявления значимых корреляционных связей в содержаниях элементов по смежным сборным пробам, а следовательно, и возможности их геометризации в пределах изученных площадей.

При геохимическом опробовании керна скважин следует уравнивать линейные эквиваленты керновых и сборных площадных проб. Так, пробе, отобранной с площади 25 м<sup>2</sup>, соответствует керновая проба длиной около 10 м, а пробе с площади в 1 м<sup>2</sup> — керновая проба длиной 2 м (см. гл. 13, § 13).

Широко распространенный способ отбора керновых геохимических проб с помощью «пунктирной» борозды лучше заменить отбором сплошной геохимической бороздовой пробы предельно малого сечения (с применением дискового алмазного пробоотборника), поскольку «пунктирные» геохимические пробы приводят к систематическому завышению содержаний элементов, что было показано С. В. Григоряном.

Особенно отчетливо эти завышения проявляются при малых длинах керновых геохимических проб и, соответственно, при малом числе частных проб.

*Рядовому опробованию* подвергаются все поисковые скважины, поверхностные горные выработки, а также свалы, обломки и естественные выходы с проявлениями полезной минерализации или гидротермально-метасоматически измененные породы. При проведении поисковых работ по результатам рядового опробования обнаруживаются проявления полезных ископаемых, оцениваются их качественные характеристики, определяются ассоциации и содержания в них полезных компонентов и вредных примесей. В зависимости от комплексов выявляемых полезных ископаемых при поисках используется как химическое, так и минералогическое опробование. Другие виды опробования, техническое и технологическое, редко применяются при поисках и лишь на стадии поисково-оценочных работ.

При выборе рациональных методов рядового опробования при поисках полезных ископаемых предпочтение отдается наиболее простым, мобильным и по возможности экспрессным методам. В этой связи с каждым годом все шире применяются ядерно-геофизические методы, основанные на измерении как естественной радиоактивности, так и наведенных нейтронных и гамма-полей. К ним относятся:

— радиометрические методы опробования естественных обнажений горных выработок и скважин, широко используемые при поисках месторождений радиоактивных элементов, калийных солей и многих редких элементов;

— рентген-радиометрические методы, применяемые при поисках руд многих тяжелых металлов (свинца, цинка, молибдена, сурьмы, ртути, бария, висмута и др.) в каротажном и наземном вариантах (прибор «Гагара»);

— методы ядерного резонанса, позволяющие оценивать повышенные концентрации олова (прибором МАК-1);

фотонейтронные и нейтронно-активационные методы, используемые, соответственно, при поисках бериллиевых и бокситовых месторождений, и другие методы.

Для целей опробования свалов, глыб и естественных обнажений широко используются штупные пробы, а для опробования поверхностных горных выработок — линейные бороздовые пробы. Другие способы пробоотбора редко применяются при проведении поисковых работ из-за отсутствия необходимых технических средств или в связи с их трудоемкостью. Картировочные и поисковые

скважины подвергаются радиометрическому, реже комплексному (электрическому, магнитному) каротажу, а для целей опробования используется керн, буровой шлам или материал, отбираемый с помощью различных буровых наконечников — ложек, желонков, грунтоносов, змеевиков. Способы пробоотбора из горных выработок и скважин описываются в гл. 8.

При выборе параметров пробоотбора ориентируются на небольшие поперечные сечения и ограниченные длины бороздовых и керновых проб для получения данных, позволяющих судить об особенностях строения опробуемых пересечений. При стремлении к наименьшей трудоемкости пробоотбора не следует забывать о необходимости сохранения достоверности проб, особенно при склонности полезных ископаемых к избирательному изгибанию и выкрашиванию.

### **§ 7. Принципы выбора участков детализационных работ и рационального комплекса методов их перспективной оценки**

Выбор участков детализационных наблюдений — сложная, еще слабо разработанная геологическая задача, при решении которой должны учитываться особенности геологического строения объекта поисков, формационная принадлежность прогнозируемого оруденения, степень устойчивости его критериев, а также остальные особенности, оказывающие влияние на оценку потенциальных ресурсов полезных ископаемых. Чем типичнее окажутся участки детализационных наблюдений, тем полнее будут критерии подобия и меньше погрешности аналогии при распространении эталонных данных на всю территорию поисковых работ. При проведении специализированных геологосъемочных работ с целью последовательной локализации рудоносных площадей и отбраковки заведомо неперспективных территорий детализационные работы проводятся в ограниченных объемах, как правило, с однократным сгущением сети наблюдений в пределах наиболее типичных участков. На этой стадии увеличение объемов детализационных работ с многократным сгущением сети наблюдений на отдельных аномальных объектах преждевременно, поскольку детальными наблюдениями выявляются еще не рудоносные скопления, а лишь геологические образования с повышенными концентрациями полезных компонентов. Полученные данные используются для объективной оценки прогнозных ресурсов полезных ископаемых по категории  $P_3$  и проектирования следующей стадии поисковых работ.

При поисках масштаба 1 : 50 000 выборочные детализационные работы проводятся в контурах ареалов повышенных концентраций элементов-индикаторов и элементов-спутников оруденения, особенно если они совпадают с контурами аномальных геофизических полей.

Обычно детализационные работы со сгущением сети наблюдений до масштаба 1 : 10 000 проводятся в пределах одной-двух наи-

более перспективных площадей, которые по совокупности критериев рудоносности могут быть оценены как потенциальные рудные поля. Кроме того, детализация со сгущением сети наблюдений до масштаба 1 : 2000 проводится в пределах единичных узлокальных ареалов в контурах территории детализационных работ, а часто и за ее пределами, если узлокальные ареалы характеризуются высокой контрастностью и окружены более широкими ареалами элементов-индикаторов и элементов-спутников оруденения.

Комплекс детализационных наблюдений масштаба 1 : 10 000 примерно соответствует комплексу детальных поисковых работ и включает в себя: спецкартирование, структурно-геофизические работы и два-три вида поисковых работ, наиболее эффективных в данных природных условиях. Детализационные работы масштаба 1 : 2000 включают в себя важнейшие операции по предварительной оценке аномалий и аномальных зон, рассмотренных ниже.

Результаты детализационных работ при поисках масштаба 1 : 50 000 используются для создания предварительных эталонных моделей рудных полей, оценки прогнозных ресурсов полезных ископаемых по категории  $P_2$ , а также для целей оптимизации условий детальных поисковых работ.

При детальных поисковых работах масштаба 1 : 10 000 выборочной детализации подвергаются все заслуживающие внимания локальные и узлокальные ареалы повышенных концентраций элементов-индикаторов и элементов-спутников оруденения в пределах площадей, которые по совокупности поисковых критериев рудоносности могут оцениваться как потенциальные месторождения полезных ископаемых. В первую очередь детализационные работы масштаба 1 : 2000 проводятся на самых контрастных аномальных участках с наиболее отчетливо выраженными поисковыми предпосылками и признаками месторождений полезных ископаемых.

В задачу детализационных работ входит не только уточнение особенностей строения и состава аномальных объектов, но и их предварительная оценка для массовой отбраковки заведомо неперспективных находок. В процессе предварительной оценки все ореолы элементов-индикаторов, аномалии и аномальные зоны подвергаются более детальному изучению со сгущением сети наблюдений до таких пределов, при которых однозначно выявляется их геологическая природа и минералого-геохимические особенности, связи со структурными элементами рыхлых отложений и вмещающих коренных пород.

В комплекс работ по предварительной оценке ореолов, аномалий и аномальных зон входят:

- детальные структурно-геофизические наблюдения;
- детальные геохимические поиски (часто в шпуровом или глубинном варианте);
- проходка поисково-оценочных расчисток (канав и шурфов);
- бурение единичных поисково-оценочных скважин;
- отбор образцов и проб с целью их петрографического и минералого-геохимического изучения.

По совокупности предварительных оценочных данных отдельные ореолы, аномалии, аномальные зоны, а также площади локальных или узколокальных ареалов отбраковываются либо оцениваются как потенциальные месторождения полезных ископаемых (или их участки) и рекомендуются для постановки дальнейших поисково-оценочных работ.

По результатам выборочных детализационных наблюдений создаются предварительные эталонные модели месторождений и оцениваются прогнозные ресурсы полезных ископаемых по категории  $P_1$ . Данные этих наблюдений используются также с целью оптимизации условий поисково-оценочных работ.

При проведении поисково-оценочных работ на площадях потенциальных месторождений выборочной детализации подвергаются наиболее типичные их участки с заведомо кондиционными содержаниями полезных компонентов. Выборочное сгущение поисково-разведочных пересечений проводится для предварительной оценки условий залегания, морфологии, строения и характеристик изменчивости скоплений полезных ископаемых, прогнозной оценки их технологических свойств и вероятных горно-геологических условий эксплуатации месторождения. По результатам детализационных работ уточняются модели оцениваемых месторождений, подсчитываются запасы полезных ископаемых по категории  $S_2$ , а полученные данные используются с целью оптимизации проектируемых работ по предварительной разведке месторождения.

Таким образом, сочетанием наблюдений по относительно редкой сети во всем объеме изучаемого объекта с более детальными наблюдениями в пределах его эталонных участков обеспечивается максимальная эффективность исследований и достоверность получаемых оценок. По мере перехода от одной стадии поисковых работ к другой возрастают как относительные, так и абсолютные объемы детализационных наблюдений, что полностью согласуется с требованием основных принципов геологоразведочных работ.

## **§ 8. Оптимизация условий поисков слабопроявленного, перекрытого и слепого оруденений**

Поиски месторождений полезных ископаемых, не выходящих на дневную поверхность, осуществляются путем систематического разбуривания покрова перекрывающих их отложений по более или менее регулярной сети. Оптимизация условий поисков сводится к выбору наиболее приемлемых технических средств и геометрии разведочной сети в зависимости от природных условий, масштабов поисков и видов прогнозируемых полезных ископаемых.

Для поисков слабопроявленного оруденения, скрытого под сравнительно маломощным покровом четвертичных отложений, могут быть с успехом использованы самоходные мотобуры, столбокопатели, шнековые и другие буровые агрегаты, смонтированные на автомобилях или гусеничном транспорте. Для поисков перекры-

того и слепого орудения в зависимости от мощности перекрывающих отложений используются колонковые мотобуры КМ-10, портативные и самоходные колонковые буровые установки типа УКБ 12/25, УПБ-100ГТ, УКБ-3, СТ-Э и др.

Выбор оптимальной геометрии сети зависит от масштаба поисков, мощности перекрывающих отложений и комплекса прогнозируемых полезных ископаемых.

В районах, где складчатый фундамент и связанные с ним полезные ископаемые перекрыты чехлом рыхлых отложений или пород мощностью до первых сотен метров, поиски эндогенных месторождений неразрывно связаны с проведением глубинного геологического картирования масштаба 1:50 000. В таких случаях поиски проводятся в два этапа. На первом этапе задача поисковых работ сводится к выявлению и оконтуриванию потенциальных рудных полей по комплексу геолого-геофизических и глубинных геохимических данных. При мощности покровного чехла менее 100 м на этом этапе возможно эффективное использование материалов аэро- и космосъемок для дешифрирования структур погребенного складчатого (кристаллического) фундамента.

Бурению картировочных и поисковых скважин обычно предшествуют площадные структурно-геофизические работы масштаба 1:50 000 (магнитная и гравиметровая съемки, некоторые модификации электроразведки). Скважины опорных геолого-геофизических профилей с углублением в невыветрелые породы фундамента не менее чем на 50 м бурятся на расстояниях от нескольких сотен метров до 2 км друг от друга, при расстояниях между профилями от 5 до 10 км (в среднем от двух до четырех профилей на один лист карты масштаба 1:50 000).

На следующем этапе производится бурение межпрофильных картировочных и поисковых скважин, в каждой из которых производится комплекс геолого-минералогических, геофизических и геохимических наблюдений.

При оптимизации размеров поисковой сети учитываются не только параметры ожидаемых геохимических аномалий, но и затраты на их обнаружение при заданной вероятности выявления прогнозируемых объектов. Так, например, с учетом концентраций основных запасов полезных ископаемых в крупных и средних месторождениях и полях при оптимизации сети наблюдений следует исходить из расчета максимальной вероятности выявления именно этих объектов, ориентируясь на меньшую вероятность выявления мелких объектов. В практике поисковых работ в районах с мощностями перекрывающих отложений менее 25—30 м применяются поисковые сети с плотностями 5—10 скважин на 1 км<sup>2</sup>, а в районах с их мощностями до 100 м и более число скважин уменьшается до 0,5—5 на 1 км<sup>2</sup>.

Если ориентироваться на требования к глубинному картированию территорий, перспективных на выявление полезных ископаемых, то ими предусматривается в среднем около 170 картировочных скважин на один лист карты масштаба 1:50 000. В пере-

счете на 1 км<sup>2</sup> это составит 1,7 скважины при условии, что все геологические границы, имеющие прогнозно-поисковое значение, будут оконтурены скважинами, расстояние между которыми не должно быть более чем 0,5—2 км.

При проведении детальных поисков погребенных и слепых месторождений плотность сетей поисковых скважин заметно возрастает до 30 и более скважин на 1 км<sup>2</sup>, однако систематическому разбуриванию всей территории предшествует комплекс геолого-прогнозных исследований для уточнения поисковых критериев оруденения и локализации перспективных площадей. Он включает в себя анализ всех известных геологических, геофизических, геохимических и металлогенических данных, составление геолого-математических моделей месторождений и их прогнозирование с использованием различных количественных методов.

### **§ 9. Особенности проведения поисковых работ на территориях с установленными и неясными перспективами рудоносности**

Стратегия и тактика проведения поисков, степень детализации наблюдений и оптимальные объемы выборочных детализационных работ зависят также и от того, проводятся ли геологоразведочные работы на территориях с еще неясными перспективами рудоносности или в уже определившихся рудных районах.

В первом случае потенциальная рудоносность всей территории еще должна быть доказана, без чего не может быть уверенности в реальности существования металлогенической провинции или области, а следовательно, и рудных районов, узлов, полей и тем более промышленно ценных месторождений полезных ископаемых.

Во втором случае работы ведутся в пределах заведомо рудоносных территорий, что подтверждается горнорудной практикой, а площади рудных районов, узлов и полей уже примерно оконтурены или существует твердая уверенность в том, что они будут выявлены.

При проведении работ на территориях с неясными перспективами рудоносности планируемое решение задач локального прогноза возможно лишь путем последовательного изучения всей территории с постепенной локализацией потенциально рудоносных площадей — вначале по совокупности укрупняющихся прогнозных, и только затем — по совокупности поисковых критериев оруденения.

Трудности освоения новых территорий с неясными перспективами рудоносности возникают не только из-за обширности их площадей, но и в связи с отсутствием эталонных объектов, что резко ограничивает возможности использования принципа аналогии при интерпретации исходных данных и оценке результатов работ. Использование моделей рудных районов, расположенных за пределами данной территории, в качестве эталонов при оценке новых площадей не обеспечивает достаточно тесных критериев подобия,

поскольку в таких случаях отчетливо проявляются специфические различия тех провинций и областей, в которых располагаются эталонные объекты. Еще меньшего сходства следует ожидать при сравнении потенциально рудоносных площадей данной территории с моделями хорошо изученных рудных узлов, полей и тем более месторождений, расположенных в других рудных провинциях, областях и районах, поскольку, чем выше таксономический уровень сравниваемых рудоносных образований, тем резче проявляются специфические различия их строения и состава. Представляется, что эффективность использования экстерриториальных эталонов при исследованиях территорий с неясными перспективами рудоносности будет достаточно высокой лишь на самых ранних стадиях, так как разнообразие геологических предпосылок и признаков увеличивается с переходом на более высокие уровни строения рудоносных образований, наследуя специфические черты рудоносных образований более низких рангов. С переходом на следующие стадии эталонная роль рудоносных образований других хорошо изученных территорий заметно снижается, уступая место участкам выборочной детализации, изучаемым на данной территории.

В отличие от территории с неясными перспективами в определенных рудных провинциях или областях уже имеются эталоны практически всех таксономических единиц от рудных районов до месторождений и их участков.

Наличие уже разведанных и освоенных промышленностью месторождений тех или иных полезных ископаемых, а также детально изученных рудных полей обеспечивает уверенность в потенциальной рудоносности их периферии, что позволяет проводить в определенных рудных узлах и районах исследования различных масштабов одновременно. Если на территориях с неясными перспективами выборочная детализация производится, как правило, строго последовательно, опережая лишь на один порядок основной масштаб исследований, то в определенных рудных районах целесообразна многостепенная выборочная детализация с опережением масштаба основных исследований на несколько порядков. При этом в слабоизученных районах на прогнозных и поисковых стадиях преобладает тенденция к ограничению объемов детализационных работ, а на стадиях разведки — к их максимальному расширению. В условиях уже определенных рудных районов стремление к увеличению детализационных работ проявляется главным образом на ранних стадиях, а в процессе разведочных работ ограничивается по возможным минимальным объемам выборочной детализации в связи с избытком эталонных объектов.

В соответствии с требованиями максимальной эффективности стратегия геологоразведочных работ также заметно различается в новых и уже определенных рудных районах.

В первом случае стремятся минимальными затратами времени и средств последовательно отбраковать возможно большую долю неперспективных и малоперспективных площадей. Обеспечивая на

каждой стадии эффективный локальный прогноз, последовательно выявляя наиболее перспективные площади и объекты, поскольку лишь после обнаружения хотя бы нескольких месторождений по возможности крупного масштаба появляется уверенность в правильности генерального направления прогнозных и поисковых работ.

В пределах уже определившихся рудных провинций, областей и районов стремятся с приемлемыми затратами выявить по возможности все заслуживающие внимания объекты в пределах оконтуренных перспективных территорий, так как непосредственный интерес в таких условиях представляют не только крупные, но также средние и мелкие рудные поля и месторождения как дополнительные сырьевые базы для созданных и строящихся горных комбинатов. В таких условиях оправдано значительное увеличение расходов на прогнозирование и поиски слабопроявленного и слепого оруденения, несмотря на резкое возрастание удельных затрат.

#### **§ 10. Охрана окружающей среды при проведении поисковых работ**

Использование современных технических и транспортных средств при поисках полезных ископаемых требует соблюдения мер по охране природы и окружающей среды не только в хорошо освоенных, но и в удаленных необжитых районах.

В районах интенсивного земледелия и животноводства проведение поверхностных горных выработок приводит к порче садов, огородов, пастбищ и полей, особенно при использовании бульдозеров и канавокопателей для механизированной проходки магистральных и прослеживающих канав, а также при проведении буровзрывных работ «на выброс». Не меньший вред сельскохозяйственным угодьям наносят буровые установки, смонтированные на автомашинах, гусеничном транспорте или на салазках, передвигаемых с помощью тракторов. На путях передвижных буровых установок нарушается строение почвы, а вокруг каждой из скважин, в радиусе до 20 м и более уничтожаются посевы или вытравляется растительность, особенно в тех случаях, когда скважины бурятся с применением глинистых растворов при свободном изливании раствора из скважины. Прорубка магистральных ходов и связанных с ними поисковых маршрутов нарушает сплошность лесных и кустарниковых массивов, а несвоевременная уборка сваленного леса повышает опасность возникновения лесных пожаров.

В условиях тундровых и лесотундровых районов, а также в районах барханных пустынь большой вред окружающей природе наносит самоходный транспорт на гусеничном ходу, нарушающий растительный и почвенный покровы, на восстановление которых требуются годы. Из-за неосторожного обращения с огнем, взрывчатыми или легковоспламеняющимися веществами при проведении поисковых работ в лесных и лесостепных районах нередко возникают пожары, особенно опасные в засушливые сезоны.

В целях максимального сохранения природы и окружающей среды при проведении поисковых работ в богатых сельскохозяйственных районах рекомендуется:

— располагать поверхностные горные выработки, картировочные и поисковые скважины не по геометрически правильной сети, а сообразуясь, по возможности, с местными условиями — на участках, свободных от поисков (обочинах дорог, межах, пустырях и т. п.), согласуя места их заложения с руководителями сельскохозяйственных служб;

— проводить основные объемы буровых работ в зимние месяцы, когда полевые угодья находятся в замерзшем состоянии под покровом снега;

— при бурении скважин не допускать самоизливания бурового раствора, а пробуренные скважины тампонировать;

— тщательно засыпать все пройденные горные выработки после их документации и опробования;

— после завершения горных буровых работ на всех потравленных участках проводить рекультивацию земель (восстановление почвенного слоя);

— располагать магистральные ходы и линии поисковых маршрутов, по возможности, вдоль дорог, лесных просек, линий электропередачи и т. д., а при необходимости прорубки просек в целинных лесных массивах и стремиться к совмещению пунктов наблюдений всех видов поисков в их пределах при соблюдении требований лесохозяйственных организаций к проведению такого рода работ.

При поисках полезных ископаемых в тундровых, лесотундровых и пустынных районах ограничивать езду на вездеходах и других гусеничных транспортных средствах преимущественно линиями временных дорог, магистралей и поисковых маршрутов, исключая беспорядочное передвижение транспорта по всей территории поискового района.

При проведении поверхностных горных выработок на залесенных территориях не допускать массового применения буро-взрывных работ «на выброс», а также обеспечивать неукоснительное выполнение требований противопожарной безопасности при проведении поисковых маршрутов, проходках горных выработок, бурении скважин и на местах лагерных стоянок.

#### Контрольные вопросы

1 В чем заключаются основные принципы комплексирования поисковых работ?

2 С помощью каких методов возможен выбор геологических эффективных комплексов поисковых работ?

3. Охарактеризуйте подходы к выбору оптимальных комплексов поисковых работ, эффективных как в геологическом, так и в экономическом отношении.

4 Какие требования предъявляются к выбору рациональных комплексов в зависимости от природных условий ведения поисковых работ? Проиллюстрируйте это положение на примерах щитов и поднятых складчатых областей, открытых и закрытых районов платформ.

5. Какие факторы оказывают решающее влияние на выбор оптимального комплекса поисковых методов и соотношений горных и буровых работ?

6. Расскажите о существующих подходах к оптимизации геометрии поисковых сетей. Какие факторы определяют выбор рациональной поисковой сети?

7. Какие требования предъявляются к геологической, геофизической и геохимической документации объектов наблюдений (поисковых маршрутов, поверхностных горных выработок и скважин)?

8. Охарактеризуйте условия рационального отбора и первичной обработки шлиховых проб.

9. Какие задачи ставятся перед геохимическим опробованием и как они влияют на методику отбора геохимических проб?

10. Перечислите основные требования к отбору рядовых проб из поисковых горных выработок и скважин. Охарактеризуйте возможности ядерно-физических методов для целей их рядового опробования.

11. В чем заключается основное назначение детализационных поисковых работ?

12. Какие факторы должны учитываться при выборе участков детализационных поисковых и поисково-оценочных работ?

13. Чем определяется рациональный комплекс работ по предварительной оценке ореолов, аномалий и аномальных зон?

14. Какими факторами определяются оптимальные условия поисков слабопроявленного, перекрытого и слепого оруденения?

15. В чем заключаются принципиальные различия в условиях проведения поисковых работ на территориях с установленными и неясными перспективами рудоносности?

16. Чем различается стратегия геологоразведочных работ в установленных рудных районах и в районах с неясными перспективами рудоносности?

17. Какие меры по охране окружающей среды следует принимать при проведении поисковых работ в районах интенсивного земледелия, а также в необжитых районах?

## Глава 6.

### ОЦЕНКА РЕЗУЛЬТАТОВ ПОИСКОВЫХ РАБОТ

В результате поисковых работ обнаруживаются проявления полезной минерализации, геофизические, минералого-геохимические и геохимические аномалии, аномальные зоны и участки, которые могут рассматриваться как поисковые признаки месторождений (полей) полезных ископаемых, уточняются поисковые геологические предпосылки и связь с ними выявленных поисковых признаков. По завершении очередной стадии поисковых работ производятся анализ и синтез всех полученных данных с целью локализации прогнозных полезных ископаемых и оценок их прогнозных ресурсов. Для этого составляются комплекты обобщающих документов, оцениваются перспективы рудоносности выявленных аномалий и рудопроявлений, а также прогнозные ресурсы полезных ископаемых в пределах выделяемых локальных площадей.

#### § 1. Составление обобщающих документов

Комплект сводных документов, обобщающих результаты геологических, геофизических и геохимических поисковых работ, включает:

— карты фактического материала, изученности и условий ведения поисковых работ;

— геологическую карту, специализированную на данный комплекс полезных ископаемых, и другие карты геологического содержания;

— геофизические, шлиховые, геохимические и другие сводные карты, отражающие результаты отдельных видов съемочных и поисковых работ;

— карты проявленности и совмещенности критериев (поисковых предпосылок и признаков) рудоносности;

— прогнозную карту на данный комплекс полезных ископаемых.

Две последние карты являются главными итоговыми документами, определяющими перспективы изученной территории и направление дальнейших геологоразведочных работ.

*Карты фактического материала, изученности и условий ведения поисковых работ* составляются на разгруженной топографической основе соответствующего масштаба. На карты фактического материала наносятся все геологические и поисковые маршруты, профили геофизических и геохимических работ с обозначением точек наблюдений по всем видам маршрутных и площадных съемок, включая поверхностные горные выработки, картировочные и поисковые скважины. На картах изученности показываются контуры площадей, всех ранее выполненных геологосъемочных, структурно-геофизических и поисковых работ с указанием их масштаба и года проведения.

В комплект карт, характеризующих условия ведения поисковых работ, входят ландшафтные, палеоландшафтные карты, карты сложности опоскования территории различными поисковыми методами или карты глубин залегания горизонтов предварительного опоскования.

*Геологическая карта*, специализированная на данный комплекс полезных ископаемых, составляется на основе государственной геологической карты масштаба 1 : 50 000, а при детальном поисках — по данным специализированной съемки масштаба 1 : 10 000. Как правило, для целей прогнозирования и поисков полезных ископаемых наиболее приемлемы карты, составленные на геолого-формационной основе с выделением формаций осадочных, осадочно-вулканогенных, интрузивных, вулканогенно-интрузивных и метаморфических пород, а также метасоматических и рудных формаций.

Специализация карт на определенные комплексы полезных ископаемых выражается в том, что их ведущим поисковым предпосылкам уделяется особое внимание и в зависимости от особенностей геологического строения территорий они отражаются на картах с особой детальностью. Поэтому легенды карт и детальность отражения состава и метаморфизма вмещающих пород, складчатой и разрывной тектоники, магматических пород, литолого-фациальных особенностей разрезов метасоматических изменений вмещающих пород и других элементов геологического строения весьма различны на специализированных картах древних ши-

тов и платформ, складчатых и активизированных областей или молодых платформ.

Наборы других геологических карт также зависят от геологических особенностей объектов поисков и комплексов выявляемых или прогнозируемых полезных ископаемых.

При поисках полезных ископаемых в пределах складчатых областей составляются тектонические (геолого-структурные) карты, карты блокового строения, новейшей тектоники и карты гидротермально-метасоматической зональности. При поисках в пределах древних щитов к ним добавляются карты метаморфической зональности, а при поисках в пределах вулканических поясов — палеовулканические карты. Если поиски проводились в пределах древних или молодых платформ, главное значение приобретает погоризонтные литолого-фациальные, литолого-палеогеографические и литолого-палеогеохимические карты, а в районах двухъярусного строения — геологические карты погребенных поверхностей, горизонтов и срезов. При проведении поисков в особо перспективных рудных узлах и полях, где изучение их геологического строения проводилось в трехмерном пространстве (объемное геологическое картирование), составляются серии погоризонтных карт, разрезов и блок-диаграмма изученных участков земной коры до глубин в 1—2 км.

*По результатам структурно-геофизических съемок составляются карты обобщенных магнитных, гравиметрических, электрических, радиометрических полей и карты их интерпретации, а по результатам литогеохимических, гидрохимических, атмохимических и других геохимических съемок — карты обобщенных геохимических полей отдельных элементов или их групп. По данным проведенных шлиховых поисков составляются сводные шлиховые карты.*

*Карты проявленности и совмещенности критериев рудоносности синтезируют результаты поисковых работ и содержат основную информацию, необходимую для эффективного прогнозирования полезных ископаемых в пределах опоскованных площадей. Они должны наглядно отражать закономерности пространственного и временного размещения полезных ископаемых, их связи с элементами геологического строения соответствующего масштаба, что необходимо для выявления площадей, перспективных на выявление потенциальных рудных полей или месторождений. Изображаемые на картах поисковые предпосылки и признаки оруденения должны подкрепляться совокупностью всех известных геолого-геохимических и геофизических данных и соответствовать масштабу проводимых поисковых работ.*

*Прогнозные карты* составляют неразрывное целое с картами проявленности и совмещенности критериев оруденения. На них показываются контуры фактических и потенциально рудоносных площадей, выносятся все известные месторождения и проявления полезных ископаемых. Потенциально рудоносные площади классифицируются по их масштабам, степени перспективности с указаниями ожидаемых комплексов полезных ископаемых, геолого-про-

мысленных (формационных, фациальных и минеральных) типов месторождений.

В зависимости от степени перспективности и характера рекомендуемых в дальнейшем поисковых или разведочных работ все перспективные площади разделяются по очередности их изучения, а также по видам и масштабам прогнозных, геологосъемочных, поисковых или разведочных работ. Как правило, по результатам поисков масштаба 1:50 000 выявляются площади прогнозных рудных полей, а по детальным поискам — площади потенциальных месторождений.

## § 2. Методы обработки и обобщения исходных данных

Обработка и обобщение результатов прогнозных и поисковых работ проводятся, прежде всего, для выявления закономерностей пространственной изменчивости наблюдаемых признаков полезной минерализации в конкретных геологических структурах. С этой целью исходные геолого-геофизические и геохимические данные замеров или опробования, полученные по дискретной сети наблюдений, подвергаются геометризации с помощью аппарата топологий. Однако проведение изолиний непосредственно по значениям признака в смежных точках наблюдений правомерно лишь в тех случаях, когда между ними проявляются отчетливые (статистически значимые) корреляционные связи. В практике поисковых работ это условие, как правило, не выполняется вследствие сложного, прерывистого и анизотропного строения минерализованных участков недр, несопоставимости размеров зон влияния наблюдений (геометрии проб) с размерами изучаемых элементов неоднородности геофизических и геохимических полей, а также широкого диапазона изменений размеров этих элементов на различных структурных уровнях. Чем выше геологическая неоднородность и прерывистость строения полей, тем меньше возможность уверенной геометризации изучаемого признака по результатам дискретных наблюдений.

Редкая сеть наблюдений позволяет выявить только генеральные колебания изучаемого признака, на фоне которых более густой сетью наблюдений могут быть выявлены его локальные колебания. Возможность их выявления зависит от расстояний между смежными пунктами наблюдений, которые должны быть, по крайней мере, в два раза меньше длин полупериодов локальных колебаний. Если же они будут существенно больше этих расстояний, то значения признака в смежных пунктах наблюдений будут относиться к различным элементам неоднородности и проявятся как случайные отклонения.

При обобщении исходных данных геологов прежде всего интересует пространственная изменчивость изучаемых признаков, которая выражается закономерной (координированной) составляющей их изменчивости. Именно эта составляющая позволяет выяснить характер анизотропии изучаемого поля, выдержанность его строе-

ния, формы и размеры элементов неоднородности по различным направлениям. Поскольку на ранних стадиях геологоразведочных работ корреляция значений признака в смежных пунктах наблюдений обычно не проявляется, геометризация изучаемого признака возможна лишь путем обобщения исходных данных с помощью методов тренд-анализа, в частности путем сглаживания «скользящим статистическим окном».

Более сложные методы тренд-анализа сводятся к аппроксимации эмпирических данных ортогональными полиномами различных степеней, тригонометрическими полиномами или какими-либо другими функциями. Как правило, параметры этих функций определяются из условий наилучшего совпадения полученных исходных данных, чаще всего по способу наименьших квадратов. Однако такой подход не обеспечивает получения объективных решений, поскольку результаты сглаживания или преобразования исходных данных зависят от геометрии сети наблюдений, размеров аппроксимирующих элементарных площадок и других исходных условий проведения тренд-анализа. Только с учетом основных тенденций изменения признака в пределах тех элементов неоднородности, которые уверенно устанавливаются заданной сетью наблюдений, можно использовать способ скользящего среднего для выделения и количественной оценки координированных и случайных составляющих геохимических и геофизических полей заданного масштаба.

Метод основан на расчете средних характеристик признака в пределах статистической палетки, равномерно смещаемой с определенным интервалом перекрытия, с привязкой каждого вычисленного значения среднего к координатам центра палетки. Операцию вычисления средних характеристик в «скользящем окне» можно представить как определение признака методом, у которого область влияния отдельного измерения соответствует размеру статистической палетки. Смещение палетки с перекрытием в  $1/2$  и более линейного размера окна обеспечивает прямолинейную интерполяцию между расчетными точками.

Важнейшим условием площадной статистической обработки исходных данных является выбор размера и формы статистического окна. В нижнем пределе размер окна определяется минимальным числом входящих в выборку точек. Предельным минимумом является такое число точек, начиная с которого среднее квадратичное отклонение средней оценки практически не меняется. Для широкого диапазона изменчивости различных признаков уранового оруденения оно не превышает 20—25. Максимальный размер палетки зависит от размеров геометризуемого элемента неоднородности. Размер окна не должен быть больше минимального размера геометризуемого объекта и меньше элемента его неоднородности. Исследованиями на моделях установлено, что оптимальный размер «окна» составляет примерно 0,7 размера минимального сечения геометризуемого объекта, а форма окна должна быть подобна его форме. При правильно выбранной сети наблюдений

форма окна статистической палетки определяется геометрией ее ячейки. В практических случаях ее чаще всего принимают квадратной, а сдвиг по вертикали и горизонтали осуществляется на расстояния, равные длине шага наблюдений.

При обобщении результатов геофизических и геохимических работ в зависимости от масштабов наблюдений устанавливаются объекты изучения и геометризаци. Так, например, при съемочно-прогнозных работах масштаба 1 : 200 000 в качестве объектов исследования (систем) рассматриваются потенциальные рудные районы, а в качестве объектов геометризации (элементов неоднородности) — потенциальные рудные узлы. При переходе к исследованиям масштаба 1 : 50 000 объектами изучения становятся потенциальные рудные узлы, а в качестве объектов геометризации выступают потенциальные рудные поля и т. д.

Для эффективного использования данных о составе и строении геофизических и геохимических полей их следует генерализовать с учетом масштабов объекта изучения и геометризации, что обеспечит возможность не только качественного, но и количественного их описания. С этой целью в строении геофизических и геохимических полей должны быть выделены те элементы их неоднородности, которые уверенно выявляются принятой густотой сети наблюдений и могут быть геометризованы на данной стадии или подстанции работ

Учитывая селективные свойства метода, выбор оптимальной геометрии «статистического окна» может быть произведен путем перебора вариантов сглаживания, с учетом априорных представлений о вероятных параметрах элементов неоднородности, а также на основе предварительных исследований их параметров, путем построения двумерных автокорреляционных функций или спектральных плотностей дисперсий изучаемых признаков.

Возможности использования метода сглаживания иллюстрируются на примере литогеохимической съемки территории Нерчинско-Заводского полиметаллического рудного узла. Результаты литогеохимического опробования этой территории на содержание свинца, обработанные традиционными методами, приведены на рис. 14, из которого видно, что ореолы свинца вытянуты в субширотном направлении. Это связано не с их природными свойствами, а с субмеридиональной ориентировкой профилей отбора геохимических проб. Представления о ложной анизотропии ореолов возникли в данном случае вследствие неправомерной геометризации исходных данных геохимического опробования, чего не следовало делать из-за отсутствия корреляции содержаний свинца в смежных геохимических пробах.

Для выявления закономерной составляющей пространственной изменчивости содержаний свинца в заданных объемах недр исходные данные опробования были подвергнуты тренд-анализу путем сглаживания их скользящими «статистическими окнами» размерами 0,5×0,5; 2×2 и 10×10 км (в масштабе карты). Такие размеры «статистических окон» сопоставимы с размерами струк-

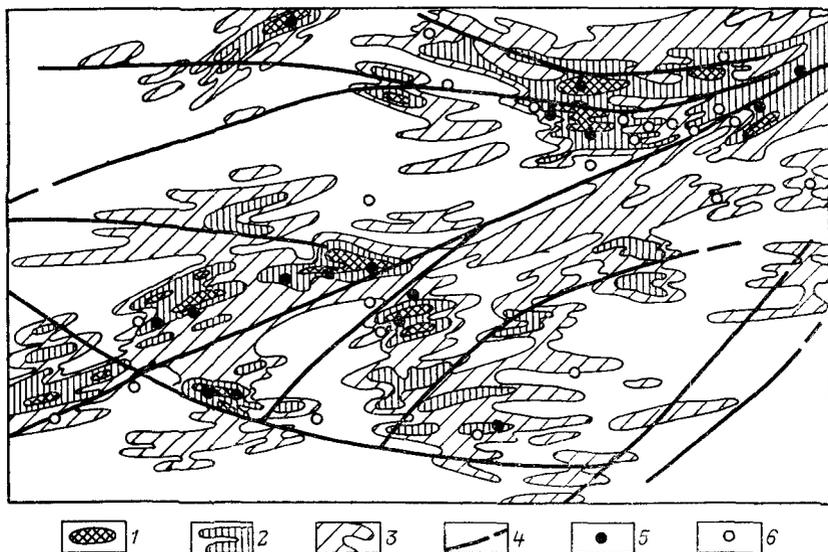


Рис. 14. Карта литохимических ореолов свинца по результатам опробования элювиально-делювиальных отложений территории Нерчинско-Заводского рудного узла.

1—3 — концентрации свинца в пробах: 1 — более 30, 2 — от 30 до 20, 3 — от 20 до 10 усл. ед.; 4 — тектонические нарушения, 5 — свинцово-цинковые месторождения, 6 — рудопроявления

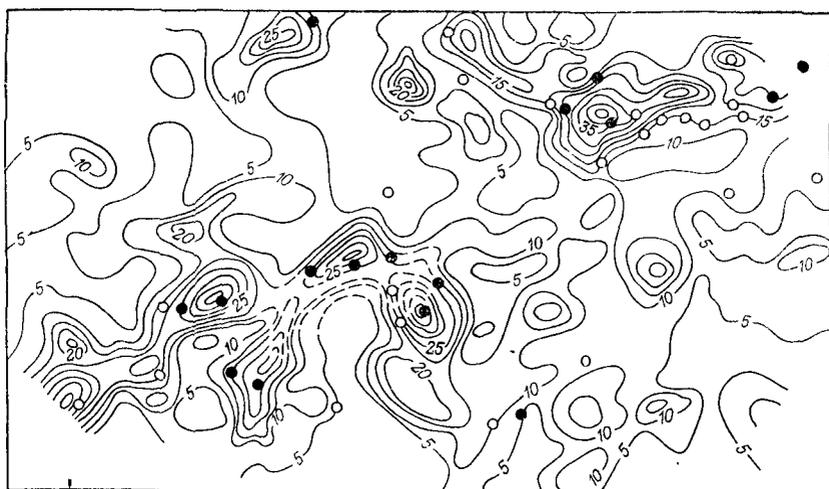


Рис. 15. Карта изоконцентраций свинца (в усл. ед.) после сглаживания исходных данных (см. рис. 14) «скользящим статистическим окном»  $0,5 \times 0,5$  км

турных элементов (элементов неоднородности) соответственно месторождений, рудных полей и рудных узлов. Карты изоконцентраций, показанные на рис. 15, 16, 17, характеризуют пространствен-

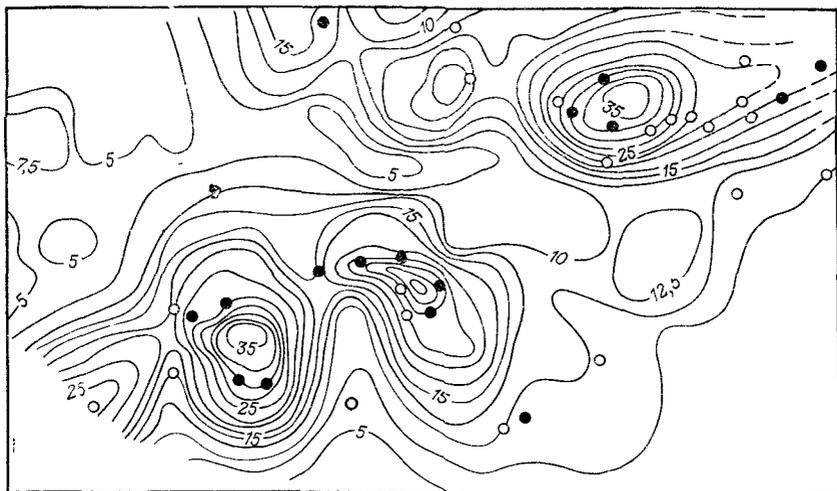


Рис. 16. Карта изоконцентраций свинца (в усл. ед.) после сглаживания исходных данных (см. рис. 14) «скользящим статистическим окном»  $2 \times 2$  км

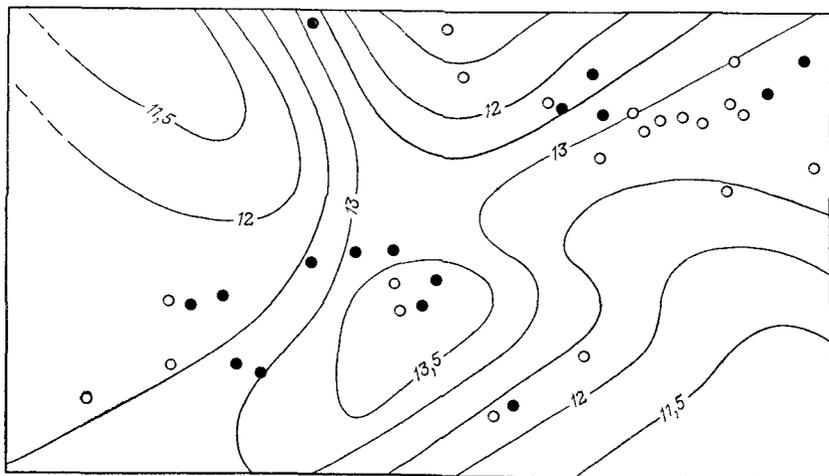


Рис. 17. Карта изоконцентрации свинца (в усл. ед.) после сглаживания исходных данных (см. рис. 14) «скользящим статистическим окном»  $10 \times 10$  км

ную изменчивость содержаний свинца в упомянутых объемах недр.

Для выявления и оценки аномалий свинца, соизмеримых с площадями выявленных (или потенциальных) свинцово-цинковых месторождений, изоконцентрации свинца, полученные сглажива-

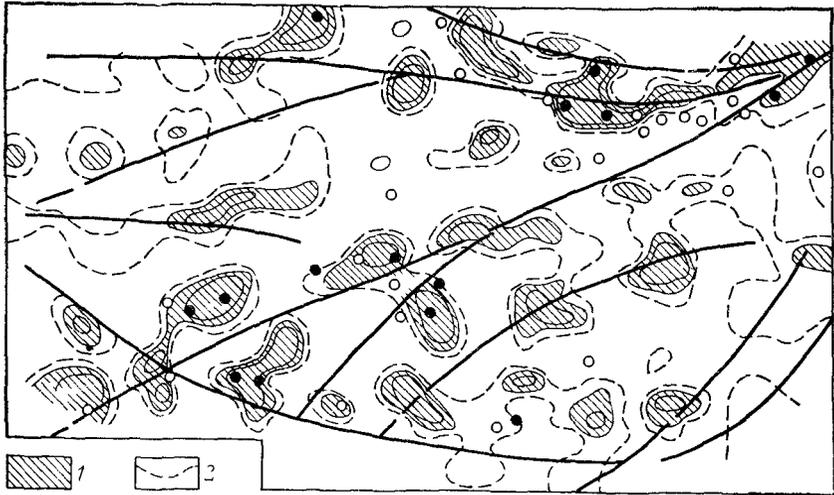


Рис 18 Карта аномалий свинца, соизмеримых с площадями месторождений

1—2 — аномалии свинца 1 — в контурах изолинии равной трехкратной ошибке оценки среднего содержания свинца в окне  $0,5 \times 0,5$  км, 2 — в контурах нулевого значения разности (0,5—2)

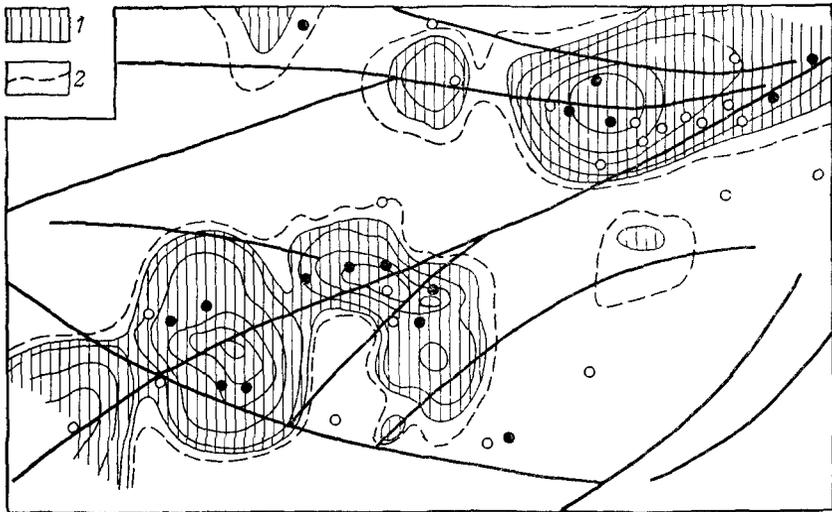


Рис 19 Карта ареалов свинца, соизмеримых с площадями рудных полей

1—2 — ареалы свинца 1 — в контурах изолинии равной трехкратной ошибке оценки среднего содержания свинца в окне  $2 \times 2$  км, 2 — в контурах нулевого значения разности (2—10)

нием исходных данных окном  $0,5 \times 0,5$  км (см. рис 15), вычитались из значений изоконцентраций, полученных сглаживанием исходных данных окном  $2 \times 2$  км (см. рис. 16), которые принимались за натуральный фон рудного поля. Карта аномалий свинца, соизмеримых с площадями месторождений, показана на рис 18 При построении этой карты (как, впрочем, и всех других карт изоконцентраций) предварительно рассчитывались значения трехкратных ошибок измерений содержаний свинца в исходных пробах,

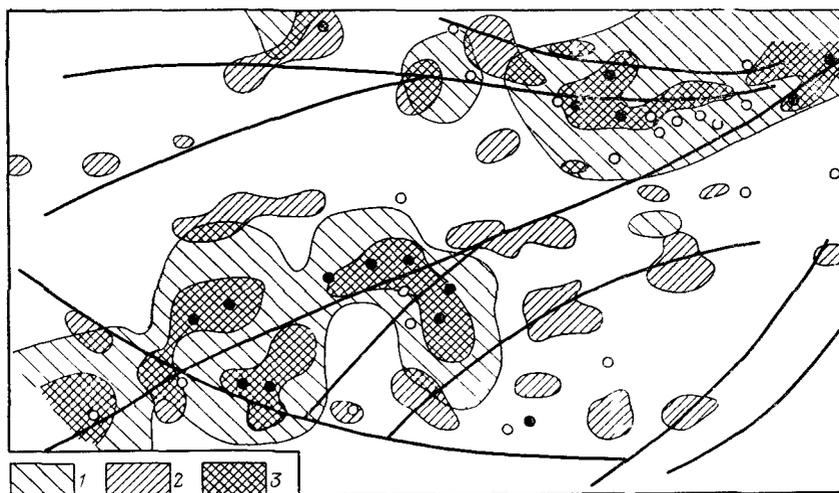


Рис 20 Карта совмещенных площадей ареалов и аномалий свинца, сопоставленных с площадями, соответственно, рудных полей и месторождений по результатам обработки данных литогеохимического опробования (см рис 18 и 19)

1 — площади потенциальных рудных полей, 2—3 — площади потенциальных рудных месторождений 2 — малоперспективные (вне контуров потенциальных рудных полей) 3 — перспективные (в контурах потенциальных рудных полей)

а также ошибок его средних содержаний в окнах различных размеров Величинами этих ошибок определялись минимально допустимые сечения изолиний на тех или иных картах На карте (см. рис 18) аномалии свинца органичиваются изолиниями трехкратных ошибок оценки средних содержаний в «окнах» размером  $0,5 \times 0,5$  км, а пунктиром показаны изолинии нулевых значений разностей.

Контурь площадей известных и потенциальных месторождений (выявленные только по аномальным содержаниям свинца) отличаются от контуров аномалий свинца (см. рис. 14) прежде всего отсутствием ложной анизотропии Они, как правило, лучше коррелируются с контурами рудоконтролирующих элементов геологического строения рудных полей, более четко ограничивают площади уже известных (и потенциальных) месторождений, а по форме они ближе к изометричным.

Для выявления и оценки аномальных ареалов свинца, соизмеримых с площадями рудных полей, изолинии свинца, полученные сглаживанием исходных данных окном  $2 \times 2$  км (см. рис. 16), вычитались из поля изоконцентрат, полученных сглаживанием окном  $10 \times 10$  км (см. рис. 17). На этом уровне строения, в соответствии с требованиями системного подхода, поле, показанное на рис. 17, было принято за выражение натурального фона рудного узла. Карта ареалов свинца, соизмеримых с площадями рудных полей, приведена на рис. 19. Обращает на себя внимание то, что на ней четко обособляются две площади, сопоставимые с площадями уже известных рудных полей. Их границы близко совпадают с контурами региональных рудоконтролирующих структур и охватывают площади почти всех известных месторождений.

На рис. 20 ареалы рудных полей совмещены в плане с площадями потенциальных и уже известных месторождений. Почти все известные месторождения располагаются в контурах выявленных ареалов, что подтверждает эффективность использования критерия телескопированности признаков различных рангов для оценки перспектив рудоносности изучаемых территорий.

### **§ 3. Методы оценки аномалий, аномальных зон, проявлений полезной минерализации и рудопроявлений**

При проведении специализированных геологических съемок и поисков полезных ископаемых выявляются многочисленные признаки полезной минерализации — аномалии, аномальные зоны, проявления полезной минерализации и рудопроявления.

Аномалиями и обычно называют локальные участки геохимических, геофизических или других полей, в которых значения наблюдаемого признака заметно отличаются от фонового, в связи с чем они могут рассматриваться как проявления поисковых признаков.

Под аномальными зонами подразумеваются группы сближенных аномалий, обычно ориентированные в определенном направлении.

Признаками полезной минерализации называются повышенные концентрации полезных минералов в рыхлых отложениях (шлиховые ореолы) и в коренных породах, не удовлетворяющие требованиям промышленности по концентрации полезных компонентов и масштабам проявления.

Рудопроявлениями (проявлениями полезных ископаемых) — в отличие от признаков полезной минерализации — называются такие скопления полезных минералов или ископаемых, параметры которых в наблюдаемом пересечении удовлетворяют требованиям горной промышленности по линейному запасу (содержанию на мощность) и качеству. Значимость обнаруженных поисковых признаков возрастает при переходе от аномалий к аномальным зонам, проявлениям полезной минерализации и рудопро-

явлениям, однако даже в последнем случае, вероятности выявления по ним месторождений полезных ископаемых остаются еще весьма незначительными. Поэтому при проведении геологосъемочных и поисковых работ проверка и оценка перечисленных признаков рудоносности производится последовательно в несколько приемов.

Аномалии и аномальные зоны в автохтонных отложениях и коренных породах подвергаются немедленной первоначальной проверке в процессе проведения работ для выяснения их природы, обнаружения связанных с ними проявлений полезной минерализации или их отбраковки.

Выявления проявлений полезной минерализации подвергаются предварительной оценке с целью их разбраковки или перевода в разряд рудопроявлений.

Все рудопроявления подлежат детальной оценке для выявления потенциальных месторождений полезных ископаемых или отбраковке явно непромышленных объектов.

Первоначальной проверке при проведении съемочных или поисковых работ подвергаются все лито-, атмо-, гидро- и био-геохимические аномалии и аномальные зоны, проявленные в автохтонных рыхлых отложениях или в коренных породах. С этой целью на участке выявленной аномалии или аномальной зоны проводятся дополнительные геологические наблюдения для составления схематической крупномасштабной геологической карты и разрезов примерно в масштабе 1:2000. Схема геологического строения составляется с учетом данных структурно-геофизических наблюдений, сеть которых при необходимости сгущается. Для установления площади и контуров аномалии (аномальной зоны) проводятся детализационные работы тем же поисковым методом, которым она была выявлена, после чего на участках максимальных значений признака и по их периферии в контурах аномалии проходятся поверхностные горные выработки или скважины, вскрывающие покров автохтонных отложений до материнских пород. По оценочным выработкам или скважинам выясняется характер изменения аномальных значений признаков (содержаний элементов-индикаторов оруденения, геофизических параметров и др.) в разрезах рыхлых отложений, их связи с материнскими породами и конкретными элементами геологического строения аномального участка. Положительную оценку получают те аномалии (аномальные зоны), природа которых подтверждается находками проявлений полезной минерализации.

Первоначальная проверка шлиховых ореолов в аллювиальных отложениях заключается в прослеживании их вверх по течению водотоков, с последующим выходом в делювиальные отложения склонов речных долин для оконтуривания вееров делювиальных ореолов и выявления коренных выходов пород с признаками полезной минерализации. Предварительная оценка проявлений полезной минерализации проводится для установления пространственных связей участков минерализованных пород с участками

изменений магнитного, гравитационного и электрического полей, благоприятными элементами геологического строения или зонами метасоматических изменений вмещающих пород соответствующего масштаба, а также для уточнения их минерального состава и степени концентрации полезных минералов (компонентов). С этой целью на участках минерализованных пород проводятся:

- детальные структурно-геофизические наблюдения;
- геохимические поиски по сети примерно  $10 \times 20$  м;
- поверхностные горные и буровые работы с отбором образцов для последующего петрографического, петрофизического и минералого-геохимического изучения, геохимическим и рядовым опробованием на комплексе прогнозируемых полезных компонентов.

При получении положительных результатов на участке бурятся одна-две поисково-оценочные скважины, для суждения о выдержанности геологоразведочных параметров рудопроявления на глубину порядка нескольких десятков метров.

Детальная оценка рудопроявлений (проявлений полезных ископаемых) включает в себя полный комплекс поисково-оценочных работ, достаточный для уверенной отбраковки рудопроявления, как заведомо непромышленного, или для его оценки как потенциального месторождения полезного ископаемого, заслуживающего постановки предварительных разведочных работ.

Отдельные гидрохимические аномалии, выявляемые в поверхностных водотоках, литохимические аномалии в донных осадках, а также аномалии и аномальные зоны в дальнепринесных рыхлых отложениях, как правило, не подлежат немедленной проверке. С учетом совокупности благоприятных прогнозных или поисковых предпосылок, а также других признаков рудоносности они могут быть использованы для прогнозирования перспективных площадей после завершения очередной стадии (подстадии) работ. Поэтому, несмотря на отсутствие видимых связей с коренными выходами полезных ископаемых, подобные аномалии нельзя оценивать как «ложные».

#### **§ 4. Количественные методы оценки прогнозных ресурсов**

Все методы оценки прогнозных ресурсов по результатам геологосъемочных и поисковых работ основаны на сопоставлении структурных элементов, а также совокупностей прямых или косвенных признаков рудоносности оцениваемых и эталонных объектов. Для получения достоверных данных по каждому эталонному объекту должны быть заведомо известны значения критериев цели, т. е. величины и качества запасов полезных ископаемых, состав и геолого-промышленные типы оруденения, а также численные признаки объекта, характеризующие его облик и рудоносность. В соответствии с системным подходом к изучению недр при этом должно выполняться условие соразмерности эталона и объекта оценки, обеспечивающее их принадлежность к одному рангу при-

родных образований. Так, например, при оценке прогнозных ресурсов рудных узлов их следует сопоставлять с эталонными рудными узлами, а при оценке ресурсов месторождений — с эталонными рудными месторождениями и т. д.

Независимо от ранга оцениваемого объекта его прогнозные ресурсы оцениваются без геометризации скоплений полезных ископаемых в недрах. Как правило, ресурсы категории  $P_1$  оцениваются в контурах выявленных месторождений, ресурсы категории  $P_2$  — в контурах потенциальных рудных месторождений, а ресурсы категории  $P_3$  — в контурах потенциальных рудных полей и более крупных потенциально рудоносных территорий (рудных узлов, районов, бассейнов или их частей).

Оценку прогнозных ресурсов целесообразно проводить в два последовательных этапа. На первом этапе с использованием геолого-прогнозной карты выделяется и ориентировочно оконтуривается объект прогнозной оценки (рудоперспективная территория, потенциальное рудное поле или участок потенциального месторождения). На втором этапе в контурах прогнозируемого объекта выполняется количественная оценка его прогнозных ресурсов. Как правило, прогнозные ресурсы категорий  $P_1$ ,  $P_2$  и  $P_3$  оцениваются для предполагаемых аналогов конкретных геолого-промышленных (или генетических) типов оруденения. При этом, если в пределах одной и той же перспективной площади оцениваются прогнозные ресурсы нескольких категорий, данные по каждой из них приводятся отдельно, т. е. из ресурсов категории  $P_3$  вычитаются ресурсы категорий  $P_2$  и  $P_1$ , а из ресурсов категории  $P_2$  вычитаются ресурсы категории  $P_1$ .

Выбор методов выявления перспективных объектов и оценки прогнозных ресурсов зависит от стадии геологоразведочных работ, характера и полноты исходных данных, геолого-структурных особенностей объекта, а также от вида прогнозируемого полезного ископаемого. Наиболее широким распространением в практике прогнозно-поисковых работ пользуются методы:

- 1) экспертных оценок;
- 2) оценки средней продуктивности;
- 3) моделирования рудолокализирующих факторов;
- 4) оценки по геохимическим признакам рудоносности.

В методах экспертных оценок [8, 17] используются обобщенные данные о перспективах рудоносности объекта, полученные несколькими экспертами на основании накопленных знаний и опыта, независимо друг от друга. В качестве экспертов выступают крупнейшие знатоки геологии и металлогении данной территории (обычно рудной провинции, области или района). В дальнейшем частные прогнозы обсуждаются и корректируются экспертами на протяжении нескольких последовательных туров, в результате чего устанавливаются наиболее правдоподобные оценочные параметры. Методы экспертных оценок субъективны, однако за исключением других данных, они часто используются на ранних стадиях изучения перспектив рудоносности крупных территорий

(как правило, до начала региональных геологосъемочных и геофизических работ масштаба 1 : 200 000).

*Методы оценки средней продуктивности* заключаются в экстраполяции закономерностей размещения полезного ископаемого, рудоконтролирующих факторов и критериев рудоносности эталонной территории на оцениваемую перспективную территорию с учетом степени их сходства.

Обычно для оценки прогнозных ресурсов используются:

— геометрические параметры перспективной территории — ее площадь  $S_0$ , мощность  $M_0$  продуктивных образований или их объем  $V_0 = S_0 \cdot M_0$ ;

— оценки средней продуктивности эталонной территории  $q_э = Q_э : V_э$  (где  $Q_э$  — запасы полезного ископаемого на эталонной территории);

— поправочный коэффициент  $k$ , учитывающий степень сходства оцениваемой территории и эталона, выраженной в долях единицы.

Прогнозные ресурсы  $Q_p$  оцениваются по формуле

$$Q_p = kq_эV_0.$$

В качестве геометрических параметров могут быть использованы площади или объемы продуктивных зон, толщ или рудоносных геологических формаций. В зависимости от видов полезных ископаемых удельные продуктивности оцениваемых геометрических параметров могут быть выражены числом рудных пластов, жил или жильных зон на единицу площади или длины, массами полезных ископаемых, компонентов или минералов на единицу площади или объема и др.

Очевидно, что достоверность оцениваемых прогнозных ресурсов  $Q_p$  в значительной мере зависит от принятого значения коэффициента  $k$ , для уверенного расчета которого часто недостает фактических данных. Чем больше сходство оцениваемого объекта и его эталона, тем ближе значения коэффициента  $k$  к единице и выше достоверность прогнозных оценок. В связи с этим наиболее уверенные прогнозные оценки обеспечиваются при экстраполяции значений средних продуктивностей уже разведанных и оконтурированных запасов на примыкающие к ним участки недр.

*Методы моделирования рудолокализирующих факторов* исходят из положения о том, что геологические, геофизические и геохимические факторы, влияющие на локализацию полезных ископаемых, содержат информацию о вероятности и масштабах их проявления. В качестве факторов могут использоваться самые различные предпосылки и признаки рудоносности, обладающие достаточно высокой информативностью. Задача прогнозирования формируется как задача распознавания перспективных объектов и сводится к отысканию в пределах исследуемой территории участков, сходных по совокупности признаков с участками, где уже известны месторождения полезных ископаемых и масштаба их проявления.

В практике применяются различные варианты моделирования рудообразующих факторов, из которых наиболее широким распространением пользуются методы плоскостного и пообъектного прогнозирования. Плоскостное прогнозирование заключается в разделении всей изучаемой территории на равновеликие элементарные участки и в отыскании среди них тех, которые по комплексу признаков сходных с заведомо рудоносными (эталонными) участками. Пообъектное прогнозирование сводится к оценке прогнозных ресурсов отдельных геологических объектов (месторождений, рудных полей, узлов и др.) путем сопоставления их с соразмерными эталонными объектами по комплексу геологических предпосылок и признаков рудоносности.

Прогнозирование и оценка прогнозных ресурсов выполняются с помощью ЭВМ и предполагают наличие не менее двух обучающих выборок, из которых одна состоит из рудных (эталонных) объектов, а другая — из заведомо безрудных. К настоящему времени разработано большое число алгоритмов распознавания, из которых «Кора-3», «Образ-3», «Гиперпласт», «Тау» и ряд других применяются специально для решения геологических задач [4, 29].

Для целей распознавания вначале отбирают все признаки, позволяющие судить о вероятности проявления и масштабе оруденения, а затем с помощью ЭВМ оценивается значимость каждого признака, а отбираются наиболее информативные из них. К числу наиболее информативных обычно относят не более 10—15 признаков, вклады которых не менее чем на порядок превышают вклады отбракованных признаков. Прогнозные ресурсы оцениваются путем сравнения информативных весов перспективных и эталонных объектов — чем выше информативный вес объекта, тем крупнее его масштаб.

При использовании методов моделирования локализирующих факторов следует иметь в виду, что результаты прогнозирования и оценки ресурсов в первую очередь зависят от постановки задачи, выбора эталонов и признаков и в меньшей степени от алгоритма распознавания. В частности, принципиальное значение имеет строгое соблюдение принципа последовательных приближений и требований соразмерности эталонного и перспективного объектов на основе системного подхода к изучению недр.

*Методы оценки прогнозных ресурсов по геохимическим признакам* рудоносности отличаются наибольшей достоверностью и объективностью, поскольку исходные геохимические данные параметричны, универсальны и устойчивы. Для целей прогнозирования прогнозных ресурсов могут быть использованы самые различные прямые или косвенные признаки: средние содержания рудных элементов или их спутников в породах рыхлых отложений или в природных водах, характеристики интенсивности и экстенсивности метасоматических изменений вмещающих пород, характеристики их статистической неоднородности или корреляционных связей и др.

Среди многочисленных модификаций геохимических методов количественной оценки прогнозных ресурсов полезных ископаемых наибольшим распространением в практике геологосъемочных и поисковых работ пользуются методы оценки по:

- литохимическим ореолам и ареалам рассеяния;
- литохимическим или механическим потокам рассеяния;
- гидрохимическим потокам рассеяния в открытых водотоках.

Методы оценки прогнозных ресурсов по литохимическим ореолам и ареалам рассеяния разработаны А. П. Солововым [12]. Они основаны на существовании устойчивых корреляционных связей между продуктивностями ареалов, ореолов рассеяния и коренных скоплений полезных ископаемых. Наиболее отчетливо эти связи проявляются между площадными продуктивностями первичных (эндогенных) ореолов полезных элементов или их спутников и продуктивностями месторождений, продуктивных зон или залежей.

Площадные продуктивности первичных ореолов  $P$  оцениваются по формуле

$$P = S(\bar{C}_x - C_\phi),$$

где  $S$  — площадь ореола;  $C_x$  — среднее содержание элемента в ореоле;  $C_\phi$  — фоновое содержание элемента в ореоле.

Для расчета прогнозных ресурсов элемента на заданную глубину  $H$  используется формула

$$Q_H = \eta \alpha \frac{P}{40} H,$$

где  $\eta$  и  $\alpha$  — поправочные коэффициенты, учитывающие, соответственно, уровень денудационного среза и долю кондиционного элемента в первичном ореоле. Деление на 40 связано с переходом от единиц продуктивности (метропроцентов) к весовым единицам ресурсов (тоннам элемента).

Для оценки коэффициента  $\eta$  должны использоваться все доступные геолого-минералогические, структурные и геоморфологические данные, а также индикаторные отношения продуктивностей мультипликативных надрудных и подрудных ореолов важнейших элементов-спутников основного оруденения. Зная величину индикаторного отношения, можно в первом приближении:

— выяснить глубину денудационного среза относительно средней, наиболее продуктивной ее части и, пользуясь статистическими данными об интервалах глубин месторождений данной рудной формации, оценить наиболее вероятные значения  $H$ ;

— внести поправку за величину денудационного среза при распределении площадей продуктивности элемента на глубину  $H$ .

Если ориентироваться на среднестатистические данные о размещении запасов эндогенных месторождений по глубинам, согласно которым около 75 % запасов приходится на их средние зоны, значение поправочного коэффициента  $\eta$  будет равно единице при величине денудационного среза месторождения около 0,3  $H$ .

Для меньших срезов оно будет возрастать до 10 и более, а для глубоких срезов — уменьшать до 0,004  $H$  и менее. При срезах, равных 0,5, значение поправочного коэффициента  $\eta$  составит примерно 0,4  $H$ .

Коэффициент  $\alpha$ , выражающий долю кондиционных запасов элемента в общем контуре первичного ореола, изменяется, по данным А. П. Соловова, от 0,9 в крупных и очень крупных месторождениях до 0,7 в средних и до 0,5 в мелких месторождениях, а в ореолах рудопоявлений его значение приближается к нулю.

Очевидно, что при оценках прогнозных ресурсов по предложенным формулам основные трудности возникают в связи с выбором значений поправочных коэффициентов, величины которых могут заметно изменяться в зависимости от видов полезных ископаемых, геолого-промышленных типов их месторождений, особенностей геологического строения оцениваемых блоков земной коры и других природных особенностей объектов изучения. Существенные коррективы в значения коэффициентов  $\eta$  и  $\alpha$  могут быть внесены по данным экспериментальных работ на эталонных участках.

Для оценки прогнозных ресурсов потенциальных рудных месторождений и рудных полей могут быть использованы данные площадных продуктивностей вторичных ореолов элементов в автохтонных и дальнеприносных отложениях. Подсчет продуктивностей, характеризующих надфоновые количества элемента в контурах ореолов, производится по формуле

$$P = \Delta S \left( \sum_{x=1}^n C_x - nC_{\phi} \right) = S (\bar{C}_x - C_{\phi}),$$

где  $\Delta S$  — площадь ячейки сети наблюдений геохимической съемки;  $n$  — число ячеек с аномальными значениями содержаний в контуре ореола;  $C_x$  — содержание элемента в точке отбора пробы;  $C_{\phi}$  — фоновое содержание металла;  $S$  — общая площадь ореола.

Подсчет ресурсов на заданную глубину  $H$  выполняется по формуле

$$Q_n = k\eta\alpha \frac{P}{40} H,$$

где  $k$  — коэффициент пропорциональности между продуктивностями первичных и вторичных ореолов, устанавливаемый экспериментально на эталонных участках.

Величина этого коэффициента зависит от свойств химических элементов, ландшафтных условий оцениваемой территории и других природных факторов. Только за счет ландшафтных условий кларки концентраций различных элементов во вторичных литохимических ореолах могут варьировать от 50 до 500 раз, в связи с чем изменяется и их геохимическая контрастность. Поэтому для уверенных оценок значений коэффициентов  $k$  необходимо детальное изучение современных и палеоландшафтных условий формирования ореолов, а также разработка методов их экспериментального обоснования.

Прогнозные ресурсы потенциальных рудных районов и узлов могут быть оценены по средним содержаниям элементов в геохимических специализированных комплексах пород ( $C_{cp}$ ) или в ареалах их повышенных концентраций. Суммарные прогнозные ресурсы подсчитываются по формуле

$$Q = aC_{cp} dv,$$

где  $d$  — средняя объемная масса пород;  $v$  — суммарный объем оцениваемых ареалов или комплексов геохимически специализированных пород;  $a = \text{МПР} \cdot \text{ММ} = \text{КРФ}$  — коэффициент рудного фракционирования, равный произведению модуля потенциальной рудоносности МПР (доли элемента, находящейся в породах в концентрированном состоянии и соответствующей рудным концентрациям) и модуля масштабности ММ (доли концентрированного элемента, сосредоточенной в массах заданного масштаба).

По предложению А. А. Смыслова [17, 24] значения МПР определяются экспериментально путем изучения минеральных балансов вмещающих пород, а значения ММ — путем оценки долей рудных площадей в эталонных шлифах. Данные для расчета остальных параметров могут быть получены по материалам геохимического картирования или путем сглаживания результатов геохимического опробования оцениваемых территорий.

Метод оценки прогнозных ресурсов по литохимическим или механическим потокам рассеяния также разработан А. П. Солововым. Продуктивность потоков рассеяния элементов (полезных минералов) оценивается по данным съемок донных осадков (шлиховых съемок) по формуле

$$P'_x = S_x(C'_x - C'_\phi) = k'P,$$

где  $P'_x$  — площадная продуктивность потока рассеяния (в  $\text{м}^2 \%$ ) в пределах элементарной площади бассейна водосбора, на который распространяются данные одной точки опробования;  $S_x$  — элементарная площадь водосбора, на которую распространяются данные одной точки опробования;  $C'_x$  — содержание элемента в пробе из донного осадка или в шлиховой пробе;  $C'_\phi$  — местное фоновое содержание элемента в аллювии;  $k'$  — коэффициент пропорциональности между продуктивностями потоков рассеяния и вторичных ореолов;  $P$  — продуктивность вторичных ореолов рассеяния в пределах данного водосбора, равная  $P'_x / k'$ .

Прогнозные ресурсы оцениваемых перспективных площадей  $Q_H$  подсчитывают через суммарные площадные продуктивности  $P_i$  по формуле

$$Q_H = \frac{1}{kk'} \frac{H}{40} \sum_{i=1}^m P'_i,$$

где  $k$  — коэффициент пропорциональности между продуктивностями вторичных и первичных ореолов;  $H$  — принятая глубина под-

счета ресурсов;  $m$  — число смежных проб (или русел, дренирующих оцениваемую территорию).

Как и для остальных геохимических методов, достоверность оценок существенно зависит от принятых значений коэффициентов  $k$  и  $k^1$ , величины которых могут изменяться в широких пределах и должны определяться экспериментально. При накоплении достаточных экспериментальных данных они могут рассчитываться аналитически с учетом совокупности влияния местных природных условий.

Оценка прогнозных ресурсов по гидрохимическим потокам рассеяния эффективна только для элементов, обладающих повышенной миграционной способностью в открытых водотоках.

Для оценки ресурсов используются результаты прямого определения содержаний элементов в водных пробах. Содержания элементов нормируются:

— на величину общей минерализации вод, что позволяет снивелировать влияние ландшафтных условий и выделить основную зависимость содержаний элемента от его среднего содержания в породах;

— на коэффициент водной миграции элемента  $k$  (по А. И. Перельману), что позволяет выражать исходные данные в содержаниях, эквивалентных их средним содержаниям в породах.

Расчет прогнозных ресурсов производится по формуле

$$Q_p = aSH dC_{ан} \cdot 10^{-6} \text{ т,}$$

где  $a$  — коэффициент рудного фракционирования;  $S$  — площадь территории, в контуре пород с аномальным содержанием элемента;  $H$  — заданная глубина подсчета;  $d$  — средняя объемная масса пород;  $C_{ан}$  — средневзвешенное нормированное содержание элемента в воде (за вычетом натурального фона).

В качестве основы для расчета коэффициента рудного фракционирования В. С. Комаров рекомендует принять общую функциональную зависимость вероятности распределения дифференциальных запасов рудных элементов в зависимости от кларка их концентрации в рудах (Н. И. Сафронов).

Кроме перечисленных методов оценки прогнозных ресурсов, к настоящему времени предложены и апробированы самые различные методы и подходы к решению задач количественной оценки прогнозных ресурсов полезных ископаемых, с которыми можно ознакомиться в работах [8, 17, 24].

## § 5. Геолого-экономическая оценка ресурсов потенциальных рудных полей и месторождений

Геолого-экономическая оценка объектов, выявляемых в процессе поисков полезных ископаемых, необходима для обоснования решений о переходе от начальных к последующим стадиям работ

и предупреждения непроизводительных затрат на изучение заведомо неперспективных или малоперспективных объектов.

Несмотря на крайнюю органиченность сведений о выявляемых потенциальных рудных полях и месторождениях полезных ископаемых, их оценка по результатам проведенных работ должна иметь не только геологический, но и, по возможности, экономический характер, с привлечением всех доступных анализу социально-экономических, горно-геологических и экономико-географических факторов.

Степень влияния социально-экономических факторов на оценку выявляемых потенциальных рудных полей и месторождений зависит от потребностей народного хозяйства в данном виде минерального сырья, его значения для укрепления независимости и оборонной мощи страны или для развития экономики ее отдельных районов. Так, например, при выявлении дефицитных видов полезных ископаемых, обеспечивающих минерально-сырьевую базу важнейших отраслей промышленности, социально-экономические факторы приобретают ведущее значение.

Возможность учета горно-геологических факторов (вероятных ресурсов, качества и технологических свойств полезных ископаемого) обеспечивается требованиями к прогнозным ресурсам рудных полей и месторождений, оценка которых должна основываться на аналогиях с известными полями и месторождениями того же геолого-промышленного (формационного) типа. При геолого-экономических оценках прогнозных ресурсов рудных районов и узлов (промышленное освоение которых вероятно не ранее чем через одно-два десятилетия) следует учитывать влияние фактора времени — устойчивые тенденции по снижению требований промышленности к качеству полезных ископаемых и закономерное возрастание цен на минеральное сырье.

Для оценки влияния экономико-географических факторов: обжитости района, транспортных и энергетических условий, удаленности от предприятий потребителей и поставщиков, климата, рельефа местности и др., могут использоваться разработанные в ВИЭМСе схемы и карты географо-экономического районирования СССР, при этом рекомендуется учитывать возможную долю капитальных вложений, связанных с проектированием горных предприятий, в общих затратах на строительство важнейших объектов инфраструктуры района (дорог, населенных пунктов, предприятий энерго- и водоснабжения и др.).

При геолого-экономической оценке потенциальных месторождений полезных ископаемых, помимо прогнозных представлений об ресурсах, качестве и технологических свойствах минерального сырья должны быть оценены ориентировочные условия залегания полезных ископаемых и вероятные способы вскрытия месторождений.

Наиболее полная геолого-экономическая оценка потенциального месторождения может быть получена лишь по результатам поисково-оценочных работ, обеспечивающих уверенное суждение

прогнозных ресурсах категории  $P_1$ , подкрепленных данными де-ализационных работ. В таких случаях для оценки месторождения ассчитываются оценочные (браковочные) кондиции, которые рас-

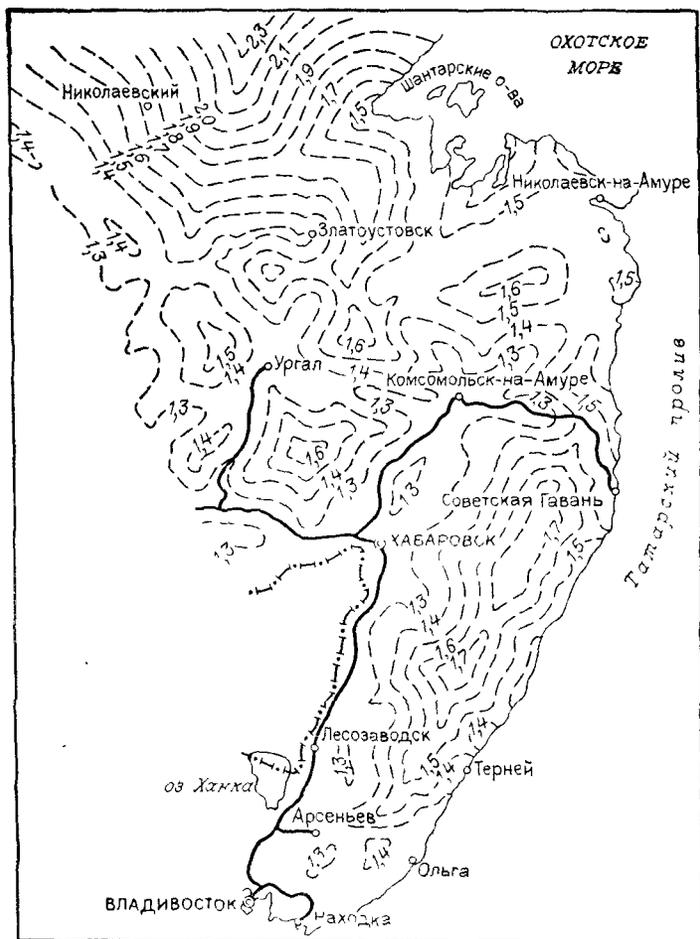


Рис. 21. Схема географо-экономического районирования Амурской области, Хабаровского и Приморского краев (по материалам В. В. Поспеева, 1974 г.).

Цифры — поправочные коэффициенты географо-экономических условий

смаиваются как общие ориентиры для определения минимальных требований промышленности к выявляемым потенциальным источникам минерального сырья. Поскольку браковочные кондиции определяются для еще не выявленных месторождений, минимальные содержания полезных компонентов относятся к объему всего месторождения и рассчитываются не по оптовым, а по предельно допустимым высоким ценам, определенным по данным эксплуатации наихудших из работающих («закрывающих») горных

предприятий. Обычно браковочные кондиции рассчитываются применительно к каждому геолого-промышленному типу месторождений полезных ископаемых для так называемых «нормализованных» условий. Под нормализованными условиями понимаются месторождения данного геолого-промышленного типа со средними запасами, средним качеством и технологическими свойствами полезного ископаемого, обеспечивающее средние технико-экономические показатели работы горных предприятий. Для условий, отличающихся от нормализованных, используются соответствующие поправочные коэффициенты. Так, например, для обоснования браковочных кондиций оловянных месторождений В. А. Ларичкин использовал средние значения технологических и горно-геологических показателей, полученных при эксплуатации месторождений каждого геолого-промышленного типа. Браковочные пределы содержания олова рассчитываются в зависимости от годовой производительности предприятий и способа разработки месторождений, а полученные результаты умножаются на поправочные коэффициенты за изменения мощностей, углов падения рудных тел и коэффициентов вскрыши. Кроме того, для учета географо-экономических условий оцениваемых потенциальных месторождений полученные значения браковочных предельных содержаний олова умножаются на поправочные коэффициенты, считанные с карт или схем географо-экономического районирования (рис. 21).

С учетом установленного предельного содержания полезного компонента оцениваются прогнозные ресурсы потенциального месторождения и среднее качество полезного ископаемого. По аналогии с опытом эксплуатации месторождений данного геолого-промышленного типа прогнозируются наиболее вероятные показатели, характеризующие возможную эффективность эксплуатации месторождения и вероятные капитальные вложения в строительство горно-промышленного комплекса.

#### Контрольные вопросы

1. Перечислите важнейшие виды документов, обобщающих результаты поисковых работ.
2. Для чего составляются карты фактического материала, изученности и условий ведения поисковых работ? Каково их основное содержание?
3. Каково назначение и содержание специализированных геологических карт?
4. Каково назначение и содержание карт проявленности критериев рудности и прогнозных карт?
5. Какие требования предъявляются к данным исходных наблюдений для правомерности их геометризации?
6. В чем заключается метод обработки исходных данных с помощью «скользящего статистического окна»? Каковы его преимущества и недостатки при учете и без учета требований системного подхода к изучению недр?
7. Дайте определение понятиям «аномалия» и «аномальная зона», «признак полезной минерализации» и «рудопроявление».
8. В чем заключается первоначальная проверка аномалий (аномальных зон), предварительная и детальная проверка проявлений полезной минерализации?

9. На каких принципах основаны количественные методы оценки прогнозных ресурсов?

10. В чем сущность метода экспертных оценок перспектив рудоносности и условий его применимости?

11. В чем сущность методов оценок средней продуктивности и условий их применимости?

12. На чем основаны методы оценки прогнозных ресурсов путем моделирования рудолокализирующих факторов? Условия их применения, достоинства и недостатки.

13. Почему оценки прогнозных ресурсов по геохимическим признакам являются наиболее достоверными?

14. Перечислите основные модификации геохимических методов оценки прогнозных ресурсов и условия их применения.

15. Какие виды поправочных коэффициентов приходится вводить при оценках прогнозных ресурсов геохимическими методами и каково их влияние на достоверность оценок?

16. В чем смысл коэффициента рудного фракционирования и от чего зависят его значения?

17. Какие экономические характеристики привлекаются для оценки прогнозных ресурсов потенциальных рудных районов, узлов, полей и месторождений?

18. Как оцениваются прогнозные ресурсы и запасы потенциальных месторождений по результатам понтско-оценочных работ?

19. Что такое «браковочные» кондиции? Как они обосновываются и рассчитываются?

20. Как рассчитываются поправочные коэффициенты к браковочным кондициям для условий, отличных от «нормализованных»?

## Часть III.

# РАЗВЕДКА МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

---

Производство разведочных работ включает в себя проектирование и проведение разведочных горных выработок и скважин, их опробование, геологическую, геофизическую и геохимическую документации, изучение качества, технологических свойств полезных ископаемых и горно-геологических условий эксплуатации месторождения, подсчет запасов и оценку ожидаемой экономической эффективности использования месторождения в народном хозяйстве.

## Глава 7.

### ОПТИМИЗАЦИЯ УСЛОВИЙ РАЗВЕДОЧНЫХ РАБОТ

При проведении разведки перед геологом возникает задача выбора технических средств, системы разведочных работ, обоснования геометрии сети и количества разведочных пересечений, приходящихся на самостоятельно оцениваемые объемы недр. Чем плотнее сеть наблюдений, больше поверхности искусственных обнажений и число разведочных пересечений, тем надежнее результаты геологоразведочных работ, но в то же время значительнее затраты времени и труда. Задача сводится к тому, чтобы выбрать наиболее эффективные в данных условиях технические средства и системы разведки, разрядить сеть наблюдений и установить минимально допустимое количество разведочных пересечений на подсчетный блок, при которых еще обеспечивается получение достоверных результатов.

Оптимизация условий разведочных работ обеспечивается при минимальных затратах времени и труда, при условии достижения целей и полного выполнения задач очередной стадии работ. Поэтому в каждом конкретном случае чрезвычайно важно сформулировать их с исчерпывающей полнотой и установить четкие критерии степени разведанности запасов.

Общепризнанных количественных критериев разведанности месторождений полезных ископаемых пока что не установлено. При оптимизации условий разведочных работ приходится ориентироваться на качественные критерии разведанности запасов, установленные действующей классификацией запасов полезных ископаемых. В конечном итоге требования к разведанности месторождений полезных ископаемых должны устанавливаться проектными и промышленными организациями. Геолог-разведчик может лишь оценить степень разведанности запасов, достигаемую при выполнении заданных условий геологоразведочных работ.

## § 1. Объекты работ на разных стадиях разведки и принципы оптимизации разведочной сети

В зависимости от стадии разведочных работ изменяются требования к детальности наблюдений, а следовательно, к плотности и густоте разведочной сети. В связи с этим по мере перехода от одной разведочной стадии к другой изменяются и представления об объектах изучения и элементах оценки недр.

На стадии предварительной разведки объектом изучения и оценки является все месторождение. Элементами геометризации и оценки служат его отдельные участки — продуктивные зоны или толщи, в объемах которых запасы оцениваются по подсчетным блокам неограниченных размеров. На стадии детальной разведки объектами изучения и оценки служат продуктивные зоны или участки месторождений, а элементами их геометризации и оценки — отдельные продуктивные залежи, в объемах которых запасы оцениваются по подсчетным блокам ограниченных размеров. На стадии эксплуатационной разведки объектами изучения также являются продуктивные залежи, а элементами геометризации и оценки — отдельные эксплуатационные блоки или их группы.

Для целей оптимизации разведочной сети используются данные о наблюдаемой изменчивости наименее выдержанных геологоразведочных параметров объектов разведки. В большинстве случаев таковыми являются линейные запасы (метропроценты). Однако при отрицательной связи между значениями мощностей и содержаний максимальной изменчивостью могут обладать мощности либо содержания скоплений полезных ископаемых. В таких случаях в основу оптимизации разведочной сети принимается характеристика наиболее изменчивого параметра.

При разведке полезных ископаемых прерывистого строения в качестве наиболее изменчивого геологоразведочного параметра иногда принимаются значения «прессованных» линейных запасов (суммарные мощности и содержания рудных интервалов) или коэффициентов рудоносности по сквозным пересечениям. Реже в качестве ведущих геологоразведочных параметров принимаются отметки почвы или кровли продуктивной залежи.

В зависимости от стадии разведочных работ за основу оптимизации разведочной сети принимаются характеристики изменчивости геологоразведочных параметров продуктивных зон (толщ), продуктивных залежей или их участков.

Ориентировка и соотношение сторон ячеек разведочной сети зависят от характера анизотропии ведущего геологоразведочного параметра в продольных плоскостях рудных образований, соответствующего уровня строения (продуктивных зон, залежей или их участков). Длинная сторона ячейки сети ориентируется вдоль направления минимальной изменчивости, а соотношение размеров ячейки устанавливается пропорционально отношению показателей анизотропии геологоразведочного параметра

по двум взаимортогональным направлениям, лежащим в продольной плоскости.

Выбор геометрии ячейки разведочной сети зависит от того, какое свойство полезного ископаемого подлежит более надежной оценке. Для надежной оценки объема и условий залегания полезных ископаемых используются характеристики изменчивости формы залежи, а для надежной оценки качества минерального сырья — характеристики изменчивости линейных запасов или содержаний.

Густота разведочной сети зависит от размеров скоплений полезных ископаемых, сложности их геологического строения, целей разведочных работ и размеров оцениваемых (подсчетных) блоков.

Если в задачу разведки входит только обнаружение промышленно ценных скоплений полезных ископаемых, то размеры ячеек разведочной сети должны быть сопоставимы с размерами этих скоплений. Для предварительной оценки запасов необходимо, чтобы каждая зона или залежь вскрывалась по крайней мере тремя разведочными разрезами при количестве разведочных пересечений в каждом разрезе не менее трех. При детальных разведочных работах степень дальнейшего сгущения сети зависит от сложности геологического строения месторождения полезного ископаемого. В идеальном случае сгущение сети должно проводиться до тех пор, пока условия залегания, особенности морфологии, строения и состава залежей полезных ископаемых не будут выполнены с полнотой и детальностью, необходимой для проведения эксплуатационных работ. Экономически обоснованным пределом рационального сгущения разведочных пересечений можно считать такое расстояние между ними, которое сопоставимо с величиной средней мощности разведываемого скопления полезного ископаемого.

Мерой, определяющей степень сгущения разведочной сети, может служить выявляемая доля закономерной изменчивости изучаемых свойств залежей полезных ископаемых, так как только при ее наличии правомерна их геометризация. Составляющая закономерной изменчивости может быть выявлена и оценена горно-геометрическими, статистическими методами или методами статистики случайных функций.

Число разведочных пересечений определяет вероятные погрешности оценок запасов и средних значений геологоразведочных параметров в пределах подсчетных блоков. Оно зависит от предельно допустимых погрешностей определения каждого геологоразведочного параметра и заданных достоверных вероятностей этих оценок в подсчетных блоках установленных размеров. Зная требования промышленности к точности определения геологоразведочных параметров и характеристики случайных составляющих их изменчивости, можно рассчитать необходимое и достаточное число разведочных пересечений на подсчетный блок методами математической статистики случайных величин.

Правильно выбранная разведочная сеть должна быть одновременно оптимальной с позиций как геометрии, так и количества разведочных пересечений на подсчетный блок. Таким образом, размеры подсчетных блоков влияют не только на количество пересечений, но и на густоту разведочной сети.

## § 2. Факторы, определяющие выбор технических средств и системы разведочных работ

На выбор технических средств разведки и системы разведочных работ оказывают влияние геологические, горно-технологические и географо-экономические факторы. Их совокупным влиянием определяется пространственная ориентировка разведочных разрезов, расположение разведочных пересечений и техника проходки разведочных выработок.

*Геологические факторы* отражают условия формирования, состав и строение полезных ископаемых, закономерности их локализации в конкретных геологических структурах и условия эрозийного среза месторождений. Из них определяющее значение имеют:

- характер связи природных скоплений полезных ископаемых с элементами геологического строения;
- условия их залегания;
- морфология природных скоплений полезных ископаемых;
- строение и состав природных скоплений полезных ископаемых.

По характеру связи полезных ископаемых с элементами геологического строения можно выделить:

1. Месторождения, в которых продуктивные зоны и залежи полезных ископаемых располагаются согласно с элементами слоистости вмещающих пород, разведуются преимущественно буровыми скважинами, так как устойчивость геологических разрезов рудовмещающих пород обеспечивает уверенное прослеживание залежей и взаимную увязку смежных разведочных пересечений. Разведка стратиформных продуктивных зон и залежей также возможна с помощью буровых скважин.

Основным видом поверхностных буровых работ являются скважины механического вращательного бурения. Они используются при поисках и разведке твердых полезных ископаемых, а также для картировочного, структурного и гидрогеологического бурения.

Преимущество вращательного бурения по сравнению с ударным заключается в возможности бурить не только вертикальные, но и наклонные и горизонтальные скважины, кусты скважин из одного ствола в породах любой крепости и в широком интервале глубин. Направленное и многозабойное бурение эффективно используется при разведке коренных месторождений многих полезных ископаемых. Основные недостатки вращательных скважин — тенденция к искривлению, а при колонковом бурении — возмож-

ность систематических погрешностей опробования вследствие избирательного истирания керна.

Пневмоударное и гидроударное бурение сплошным и кольцевым забоями возможно в благоприятных геотехнических условиях до глубин 150—200 м.

Подземные горные выработки применяются в ограниченных объемах — для уточнения сведений о морфологии и строении залежей.

2. Продуктивные зоны и залежи в контактовых зонах магматических пород, обладающие устойчивой формой и простым внутренним строением, разведуются буровыми скважинами.

Приповерхностные скважины глубиной от нескольких метров до нескольких десятков метров используются для изучения рудовмещающих структур, прослеживания, оконтуривания и опробования приповерхностных участков месторождений полезных ископаемых. Они применяются в качестве основного технического средства при разведке большинства россыпных, многих инфильтрационных и остаточных месторождений.

При разведке крупных скарновых месторождений в сочетании с буровыми скважинами широко используются поверхностные и подземные горные выработки. Необходимость их применения связана со сложностью форм и внутреннего строения скарновых зон и залежей.

3. Продуктивные зоны, залежи и их участки, залегающие несогласно с напластованием вмещающих пород, но контролируемые выдержанными, легкокартируемыми структурами. Их разведка осуществляется буровыми скважинами и горными выработками.

Применению скважин колонкового и ударно-вращательного бурения способствуют выдержанность основных рудоконтролирующих структур.

Скважины ударно-вращательного и ударно-канатного бурения глубиной от первых десятков метров до 200—300 м применяются главным образом при разведке штокерковых месторождений, крупных штокообразных и мощных пологих пластообразных залежей, а также при разведках россыпей. Возможность бурения скважин большими диаметрами (до 600 мм) и отсутствие избирательного выкрашивания хрупких минералов обеспечивают высокую представительность их опробования. Однако ударно-вращательное и ударно-канатное бурение возможно только в вертикальном направлении и сплошным забоем.

Сложные по строению зональные пегматиты и рудные жилы разведуются системами штреков, ортов или восстающих с преобладанием горных работ над буровыми. В этих случаях буровая разведка применяется только для прослеживания рудовмещающих структур и подтверждения промышленной минерализации на флангах и на глубоких горизонтах, а оценка подсчетных параметров и выявление локальных рудовмещающих структур основываются на данных горных работ.

4. Мелкие скопления полезных ископаемых, секущие слоистость вмещающих пород и контролируемые сложными, труднокартируемыми элементами геологического строения. Их разведка осуществляется преимущественно, горными выработками, так как вследствие малых размеров скоплений полезных ископаемых и неустойчивости разрезов вмещающих пород наблюдений по разведочным скважинам недостаточно для выявления и оконтуривания рудоносных структур. Разведочное бурение используется только для поисков новых минерализованных участков и для подтверждения промышленной минерализации на флангах и на глубоких горизонтальных месторождений.

Условиями залегания полезных ископаемых определяются системы разведки, а в сочетании с рельефом поверхности — технические средства разведочных работ. Горизонтальные, пологопадающие и наклонные продуктивные зоны и залежи разведуются системами вертикальных, параллельных разрезов, реже применяются непараллельные или радиальные вертикальные разрезы. При разведке крутопадающих тел с помощью горных выработок обычно создаются горизонтальные разрезы, а с помощью скважин — вертикальные. Для крутопадающих и вертикально ориентированных тел исключается возможность применения ударно-канатных скважин и ухудшаются условия использования колонковых скважин. Мощные пологопадающие и горизонтально залегающие тела легче разведывать буровыми скважинами, чем горными выработками. При их горной разведке приходится создавать сложную систему штреков, квершлаггов и гезенков (или вертикальных скважин), в то время как мощные крутопадающие тела разведуются системами ортов и штреков или горизонтальных скважин.

Морфология скоплений полезных ископаемых существенно влияет на расположение разведочных пересечений, на ориентировку разрезов и на выбор технических средств разведки. Крупные и очень крупные скопления (площадью несколько квадратных километров и более) разведуются буровыми скважинами. Средние по размерам скопления (площадью в десятки гектаров) разведуются буровыми скважинами в сочетании с горными выработками, а при разведке мелких и очень мелких скоплений (площадью в тысячи и менее квадратных метров) горные выработки резко преобладают над разведочными скважинами.

Форма скоплений полезных ископаемых оказывает влияние на расположение разведочных пересечений в плоскостях разведочных разрезов. Простые и выдержанные по форме пластовые, пластообразные, штокообразные и изометрические тела разведуются системами параллельных вертикальных или горизонтальных пересечений, более сложные ветвящиеся столбообразные и жилородные тела — системами радиальных пересечений. Устойчивость форм скоплений полезных ископаемых оказывает влияние и на выбор технических средств разведочных работ. Продуктивные зоны и залежи, устойчивые и простые по форме, успешно разведуются буро-

выми скважинами. Усложнение и невыдержанность форм требуют применения более густой сети наблюдений, что часто оказывается экономически эффективным только с использованием горных выработок. Иногда форма залежей полезных ископаемых предопределяет и ориентировку самих разведочных разрезов: маломощные жилы разведуются продольными разведочными разрезами, а ленто-подобные залежи — системами непараллельных разрезов. Влияние форм скоплений полезных ископаемых на выбор системы разведочных работ заметно ослабевает с увеличением их размеров и не ощущается при разведке крупных и очень крупных продуктивных залежей и зон.

Строение и состав полезных ископаемых определяют ориентировку разведочных пересечений и выбор технических средств разведочных работ. Практически сплошное строение полезных ископаемых благоприятствует применению скважин разведочного бурения и направленной ориентировке разведочных пересечений в плоскостях разрезов. Прерывистое строение заставляет ориентировать разведочные пересечения под различными углами друг к другу, сочетая разведочные скважины с горными выработками. При очень сложном, сильно прерывистом строении используются горные выработки, которые в сочетании с подземными короткометражными скважинами образуют в плоскости разреза сеть перекрестных разведочных пересечений.

Влияние состава и физических свойств полезных ископаемых проявляется особенно резко при выборе геофизических средств разведочных работ. Резкие различия физико-механических свойств полезных минералов и вмещающих пород иногда могут способствовать преимущественному использованию горных выработок по сравнению с разведочными скважинами, например, для предупреждения систематических погрешностей при опробовании скважин вследствие избирательного истирания керна.

*Из горно-технологических факторов* наиболее существенное влияние на выбор технических средств и методов разведочных работ оказывают:

— предполагаемые способы вскрытия и разработки месторождения;

— гидрогеологические условия, горнотехнические свойства полезного ископаемого и вмещающих пород.

При открытых системах разработки снижаются требования к кондиционным показателям для оконтуривания. Это приводит к расширению контуров продуктивных залежей, упрощению их форм и строения. Разведка таких месторождений производится преимущественно буровыми скважинами, тем более что использование горных выработок при последующей карьерной разработке невозможно. Сходные условия возникают и при разведках месторождений, намечаемых к разработке высокопроизводительными подземными системами или способами подземного выщелачивания.

При повышенной водоносности месторождений разведочные горные выработки по возможности заменяются буровыми сква-

жинами, а при горном варианте разведки вскрывающие шахты заменяются дренажными штольнями. Иногда при слабой устойчивости минерализованных пород проводятся полевые штреки вместо рудных, а продуктивные залежи вскрываются системами ортов, гезенков или короткометражных скважин. Большие мощности рыхлых отложений способствуют замене горных выработок буровыми скважинами (особенно в случаях повышенной водоносности наносов). Сильная трещиноватость или сыпучесть минерализованных пород приводит иногда к отказу от колонкового бурения из-за невозможности обеспечить удовлетворительный выход керна.

*Географо-экономические факторы* в большинстве случаев не играют определяющей роли при выборе систем разведочных работ, но могут оказывать заметное влияние на выбор технических средств. Так, например, близость действующего горнодобывающего предприятия и высокая степень экономического развития района способствуют более широкому применению горных выработок по сравнению с разведочными скважинами.

### **§ 3. Практические приемы оптимизации разведочной сети при проектировании разведочных работ**

При проектировании геологоразведочных работ, когда сведений о геологическом строении месторождения и свойствах полезного ископаемого еще очень мало, оптимизация разведочной сети проводится по аналогии с другими, уже разведанными и освоенными месторождениями данного геолого-промышленного типа. С этой целью в действующих инструкциях ГКЗ СССР по применению классификации запасов к месторождениям различных видов минерального сырья приводятся систематизированные данные о густоте сети горных выработок и скважин, отражающие опыт разведки месторождений конкретных геолого-промышленных типов.

Оптимизация сети на стадии проектирования разведочных работ сводится к тому, чтобы по совокупности известных геологических данных определить геолого-промышленный тип и группу разведываемого месторождения и, ориентируясь на опыт разведки, принять оправдавшую себя на практике геометрию разведочной сети.

На ранних стадиях разведки при выборе сети учитывается возможность ее неоднократного сгущения впоследствии. В практике геологоразведочных работ широко применяются сети с расстояниями между разведочными пересечениями 800, 400, 200, 100, 50, 25, 12,5 м. Они используются при разведке большинства рудных и нерудных месторождений полезных ископаемых. Разведочные сети с расстояниями 2000, 1000, 500, 250 и 125 м применяются для разведки крупных и выдержанных месторождений преимущественно пластового типа (минеральных солей, углей платформенного типа и др.).

На стадии проектирования целесообразно придерживаться приведенных выше расстояний между смежными разведочными пере-

сечениями, так как отступления от них не могут быть обоснованы из-за отсутствия экспериментальных данных об изменчивости месторождений.

При наличии сведений об анизотропии строения зон или залежей полезных ископаемых вместо квадратных ячеек разведочной сети выбираются прямоугольные. При этом рекомендуемые площади ячеек сохраняются, а их длинные стороны ориентируются по направлению минимальной изменчивости свойств полезных ископаемых в 1,5—2 раза.

Приведенные в инструкциях ГКЗ СССР и методических руководствах средние статистические данные способствуют оптимизации разведочной сети только в самом первом приближении. Каждое новое месторождение обладает индивидуальными геологическими и морфологическими особенностями, которые должны учитываться при выборе геометрии разведочной сети и обосновании оптимального количества разведочных пересечений на подсчетный блок. При проектировании детальных разведочных работ это возможно на основе геолого-математической обработки результатов предварительной разведки, полученных по эталонным участкам, или материалов по детальной разведке месторождений-аналогов.

Оптимизации условий разведочных работ в период их проектирования способствует разведочная группировка месторождений полезных ископаемых, учитывающая сложность их строения, морфогенетические особенности и условия залегания скоплений полезных ископаемых на различных структурных уровнях (табл. 2). По условиям залегания и морфогенетическим особенностям все месторождения разделяются на две группы.

В месторождениях первой группы различают два типа:

1. Пластовые и стратиформные месторождения, положение которых в геологических разрезах контролируется слоистостью вмещающих пород, остаточные месторождения выветривания, россыпные, а также многие скарновые месторождения, контролируемые четко выраженными контактовыми поверхностями.

2. Трещинно-жильные месторождения, представленные минерализованными зонами дробления, жилами, жильными зонами, положение которых контролируется отчетливыми трещинными структурами, как правило, секущими слоистость вмещающих пород.

Месторождения первого типа разведуются преимущественно буровыми скважинами (иногда шурфами), которые располагаются в плоскостях вертикальных разведочных разрезов. Только на участках детализации сложно построенных месторождений в сочетании с буровыми скважинами применяются поверхностные или подземные горные выработки. Для разведки месторождений второго типа используются преимущественно горно-буровые или горные системы, ориентированные в продольных плоскостях жил.

К месторождениям второй группы относятся штокверковые и штокверкоподобные изометрической формы, трубо- и штокообразные, а также месторождения неправильных геометрических

форм, залегающие в осадочных, магматических или метаморфических породах, часто без четких признаков проявления рудоконтролирующих структур.

Месторождения перечисленных морфогенетических типов разделяются по сложности строения на четыре класса: простого, умеренно сложного, сложного и весьма сложного строения. В качестве меры сложности строения принимается число последовательных дискретных структурных уровней — от уровня строения месторождения до уровня строения объема селекции (технологически сплошного скопления полезного ископаемого). К первому классу относятся месторождения, в строении которых выделяется только один или два структурных уровня (весь объем месторождения представлен технологически сплошным полезным ископаемым или в его строении выделяется несколько разобобщенных технологически сплошных участков, продуктивных зон или толщ). Ко второму классу относятся месторождения, в строении которых выделяются три структурных уровня (технологически сплошные продуктивные залежи группируются в продуктивные зоны, участки или толщи, которые в совокупности определяют контуры месторождения). К третьему классу относятся месторождения с четырьмя структурными уровнями (технологически сплошным строением обладают только морфологически обособленные участки продуктивных залежей). К четвертому классу относятся месторождения, в которых число дискретных структурных уровней заведомо больше четырех (технологически сплошным строением обладают лишь локальные обособления полезных ископаемых или минеральные агрегаты еще меньших размеров). Чем меньше размеры технологически сплошных скоплений полезного ископаемого, тем больше должна быть плотность разведочной сети для целей их геометризации. На месторождениях первого класса оконтуривание технологически сплошных скоплений возможно уже на стадии предварительной разведки, второго класса — на стадии детальной разведки, третьего класса — на стадии эксплуатационной разведки, а на месторождениях четвертого класса — лишь в процессе проведения очистных работ.

От сложности строения месторождений зависят, как правило, размеры продуктивных залежей, участков и зон, а следовательно, и оптимальные плотности разведочных сетей. В табл. 2 приводятся лишь весьма ориентировочные плотности разведочных сетей применительно к требованиям категории  $C_1$ .

Их оптимальные геометрические параметры (размеры ячеек, соотношение сторон и ориентировка) должны обосновываться в каждом конкретном случае с учетом данных об анизотропии строения скоплений полезных ископаемых на изучаемом структурном уровне.

Классы месторождений по сложности их строения сопоставимы в первом приближении с группами, утвержденными в IV разделе Классификации запасов месторождений и ресурсов твердых полезных ископаемых.

Таблица 2. Группировка месторождений полезных ископаемых для целей их

Группа месторождений	Типы месторождений по морфогенетическим признакам	Характер залегания и анзотропия скоплений полезных ископаемых	Классы месторождений по сложности строения (число структурных уровней)	Морфологические разновидности скопленных полезных ископаемых (А—на низких, Б—на высоких структурных уровнях)
С мало мощными скоплениями полезных ископаемых уплощенной формы в легкокартируемых геологических структурах	Пластовые и структурные	С согласным залеганием на всех структурных уровнях	<p>Простого строения (1—2)</p> <p>Умеренно сложного строения (3)</p> <p>Сложного строения (4)</p>	<p>Пластовые, пласто- и плащеподобные (А, Б)</p> <p>Пластовые, пласто-, плаще- и лентоподобные (А, Б)</p> <p>Пластовые, пласто-, плаще-, линзо- и лентоподобные (А, Б)</p>
	Трещинно-жилвные	<p>С согласным залеганием только на низких уровнях строения</p> <p>С субпараллельным залеганием на всех структурных уровнях</p> <p>С различным залеганием на разных структурных уровнях</p>	<p>Умеренно сложного строения (3)</p> <p>Сложного строения (4)</p> <p>Умеренно сложного строения (3)</p> <p>Сложного строения (4)</p> <p>Умеренно сложного строения (3)</p> <p>Сложного строения (4)</p> <p>Весьма сложного строения (&gt; 4)</p>	<p>Пластоподобные (А), линзо- и гнездободобные (Б)</p> <p>Пластоподобные (А), линзо- и гнездободобные (Б)</p> <p>Пластоподобные (А), линзо-, жило-, гнездо- и шшироподобные (Б)</p> <p>Минерализованные, жилвные зоны и жилы (А, Б)</p> <p>Минерализованные зоны и жилы (А), рудные столбы, гнезда и минерализованные трещины (Б)</p>

разведки

Разведочные системы		Стадия, на которой оконтуриваются технологически сплошные тела полезных ископаемых	Примерная плотность разведочной сети для запасов категории С <sub>1</sub> (в квадратных метрах на одно разведочное пересечение)	Примеры месторождений
по расположению разрезов и техническим средствам	по стабильности на последующих стадиях			
Системы вертикальных разрезов скважинами или шурфами	Разведочная сеть стабильна на всех стадиях геологоразведочных работ. Производится только ее сгущение	Предварительная разведка	1 000 000— 160 000; 160 000— 40 000	Минеральные соли, угли, осадочные железорудные, фосфориты  Бокситы, медистые песчаики, титановые россыпи  Силикатно-никелевые, золоторудные россыпи
		Детальная разведка	40 000— 20 000	
		Эксплуатационная разведка	20 000— 5 000	
Системы преимущественно вертикальных буровых разрезов на участках детализации вертикальных и горизонтальных горно-буровых разрезов; иногда комбинированные системы с опытной разработкой	Ориентировка разведочной сети изменяется на каждой стадии геологоразведочных работ	Детальная разведка	40 000— 20 000—	Медноколчеданные  Скарны и полиметаллические колчеданные  Крупные ртутные месторождения
		Эксплуатационная разведка	20 000— 5 000	
		Очистные работы	5 000—650	
Буровые системы преимущественно вертикальных разрезов и горные системы разрезов в продольных плоскостях жил	Стабильна только сеть буровых скважин	Детальная разведка	20 000— 10 000	Жильные месторождения барита  Оловорудные минерализованные зоны
		Эксплуатационная разведка	1 000—400	
Горные системы в плоскостях жил с участками опытной разработки	Ориентировка разведочной сети изменяется на каждой стадии геологоразведочных работ	Очистные работы	400—25	Жильные зоны пьезокварца, слюд и драгоценных камней

Группа месторождений	Типы месторождений по морфогенетическим признакам	Характер залегания и анизотропия скоплений полезных ископаемых	Классы месторождений по сложности строения (число структурных уровней)	Морфологические разновидности скоплений полезных ископаемых (А — на низких, Б — на высоких структурных уровнях)
С мощными скоплениями полезных ископаемых изометрической или других форм в труднокартируемых геологических структурах	Штокверковые и штокверкоподобные изометрической формы, трубообразные и др.	С несогласным залеганием на различных структурных уровнях	Простого строения (1—2)  Умеренно сложного строения (3)  Сложного строения (4)  Весьма сложного строения (>4)	Изометрические, неправильных форм, трубо- и штокообразные (А)  Гнездообразные, прожилковые, жильные и другие, часто неправильных форм (Б)

В зависимости от условий залегания и анизотропии строения скоплений полезных ископаемых на различных структурных уровнях выделяются два подтипа месторождений: с согласным и несогласным залеганием разномасштабных скоплений полезных ископаемых. При разведках месторождений с согласным залеганием скоплений полезных ископаемых на всех структурных уровнях геометрия разведочной сети отличается повышенной стабильностью. При переходе к следующей стадии работ ориентировка и соотношения сторон ячеек разведочной сети сохраняются, а уменьшаются только их размеры вследствие сгущения сети. При разведках же месторождений с несогласным залеганием разномасштабных скоплений полезных ископаемых, на каждой очередной стадии разведочных работ приходится создавать новую разведочную сеть, ориентированную в соответствии с элементами залегания разведываемых скоплений и с отношениями сторон ячеек, отвечающими характеру их анизотропии.

#### § 4. Практические приемы оптимизации разведочной сети в процессе разведочных работ

В процессе разведочных работ проводятся систематическая обработка и анализ получаемой геологической информации; нзу-

Разведочные системы		Стадия, на которой оконтуриваются технологически сплошные тела полезных ископаемых	Примерная плотность разведочной сети для запасов категории С <sub>1</sub> (в квадратных метрах на одно разведочное пересечение)	Примеры месторождений
по расположению разрезов и техническим средствам	по стабильности на последующих стадиях			
Системы вертикальных, преимущественно буровых разрезов	Ориентировка разведочной сети изменяется на каждой стадии геологоразведочных работ	Предварительная разведка	20 000—10 000	Меднопорфировые, редкометалльные апограниты
		Детальная разведка	10 000—5000	Молибденовые и вольфрамовые штокверки
Горно-буровые системы вертикальных и горизонтальных разрезов. Иногда системы опытной разработки		Эксплуатационная разведка	5000—650	Оловянные штокверки
		Очистные работы	650—150	Месторождения ртути, золота, драгоценных камней

чаются геологическое строение месторождения, морфология, строение и состав скоплений полезных ископаемых, геометризуются их важнейшие свойства и вычисляются количественные характеристики изменчивости геологоразведочных параметров. Все эти данные служат основой для корректировки разведочной сети в соответствии с геологическими особенностями разведываемого месторождения. Оценка оптимальности разведочной сети и ее корректировка производятся:

— по степени увязки смежных разведочных пересечений и разрезов;

— путем выборочного сгущения разведочных пересечений или разрезов;

— путем создания эталонных разрезов по типичным направлениям изменчивости свойств полезных ископаемых.

В смежных разведочных пересечениях и разрезах прежде всего оцениваются возможность и правомерность взаимовязки рудоконтролирующих элементов геологического строения и увязки контуров продуктивных скоплений в тесной связи с формой, размерами и ориентировкой контролирующих геологических элементов. Для оценки степени взаимосвязи значений важнейших геологоразведочных параметров (мощностей, площа-

дей, содержаний и линейных запасов) используются приемы геолого-математического моделирования.

Если контуры минеральных скоплений в смежных разведочных пересечениях и разрезах не поддаются взаимной увязке, а увязываются лишь рудоконтролирующие элементы геологического строения, принятая сеть оптимальна для разведки всей минерализованной зоны в целом, но не для разведки отдельных скоплений полез-

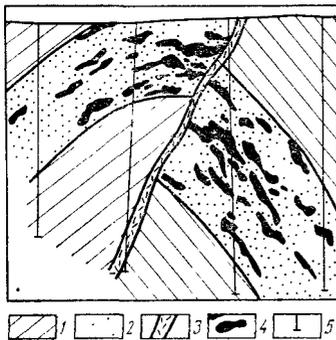


Рис. 22. Пример увязки рудовмещающего пласта при полной неувязке отдельных рудных скоплений.

1 — сланцы; 2 — кремниевые песчаники; 3 — зона разлома; 4 — истинное расположение и формы рудных скоплений; 5 — скважины

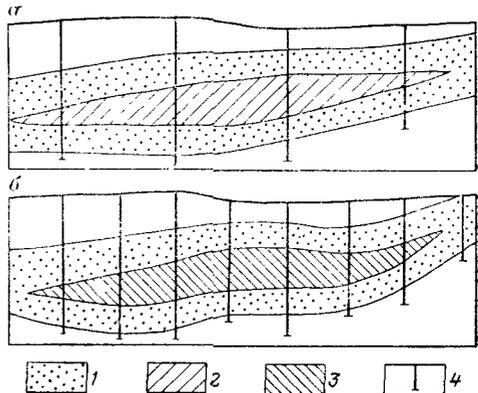


Рис. 23. Подтверждение оптимальности разведочной сети методом выборочного сгущения разведочных пересечений.

а — разрез, построенный до сгущения сети; б — разрез, построенный после сгущения сети. 1 — рудовмещающие породы; 2 — контуры залежи по данным редкой сети; 3 — контуры залежи по данным сгущенной сети; 4 — скважины

ного ископаемого (рис. 22). Возможность увязки смежных минерализованных интервалов и локальных рудоносных структур свидетельствует о приемлемости сети для разведки самих скоплений полезных ископаемых.

Выборочное сгущение разведочных пересечений и разрезов проводится для контроля представлений о геологической модели, полученных по пройденной разведочной сети. Для этого по разведочным данным отстраиваются геологические разрезы с контурами продуктивных залежей или зон. Затем сеть разведочных пересечений выборочно сгущается и по совокупности всех наблюдений составляются новые разведочные разрезы. Если новые разрезы мало отличаются от первоначальных, принятую сеть можно считать оптимальной (рис. 23). Если же они приводят к заметным изменениям прежних представлений, это означает, что разведочную сеть следует сгустить (рис. 24).

Создание эталонных участков необходимо в конце каждой стадии разведочных работ. При завершении предварительной разведки на типичном участке месторождения выбираются по

крайней мере два взаимно пересекающихся разведочных разреза в направлениях, совпадающих с ориентировкой линий разведочной сети. По обоим разрезам разведочные пересечения сгущаются до расстояний, соизмеримых с величиной средней мощности продуктивной залежи. Результаты геологического изучения этих разрезов и математической обработки геологоразведочных данных используются при проектировании детальной разведки в качестве

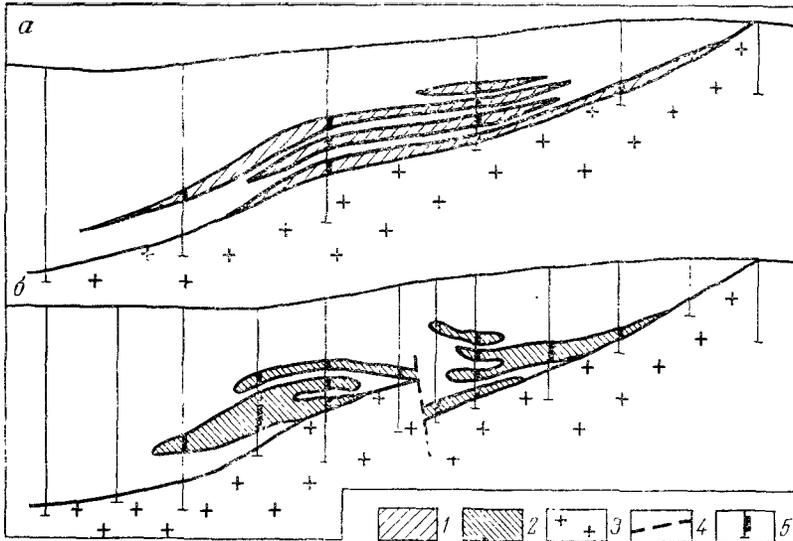


Рис. 24. Подтверждение неоптимальности разведочной сети методом выборочного сгущения разведочных пересечений.

*a* — разрез, построенный по редкой сети; *b* — разрез, построенный после сгущения разведочной сети. 1 — контуры рудных тел по данным редкой сети; 2 — контуры рудных тел по данным сгущенной сети; 3 — гранитоиды; 4 — тектоническое нарушение; 5 — скважины и рудные интервалы

эталона-аналога для оценки строения и вероятных характеристик изменчивости полезного ископаемого на уровне строения продуктивной залежи.

При завершении детальной разведки в пределах типичных участков месторождений, характеризующих различные технологические сорта полезного ископаемого и разные горно-технологические условия, создаются системы сближенных эталонных разрезов. Сеть разведочных пересечений по этим разрезам должна быть более густой, чем на эталонных разрезах предварительной разведки, сопоставимой с объемами селекции полезного ископаемого при его разработке.

В процессе проведения геологоразведочных работ широко используются математические и горно-геометрические методы анализа разведочной сети.

Для геометризации значений изучаемых геологоразведочных параметров в продольных плоскостях залежей через точки, рас-

положенные в центрах «скользящего окна», проводятся изолинии их сглаженных значений. По смыслу эти изолинии близки к «скользящим» средним, так как отражают наиболее вероятные закономерности пространственного размещения изучаемого параметра. В этих случаях дисперсия случайной составляющей изменчивости рассчитывается через отклонения наблюдаемых значений от топографической поверхности. По горно-геометрическим графикам сглаженных значений изучаемого геологоразведочного пара-

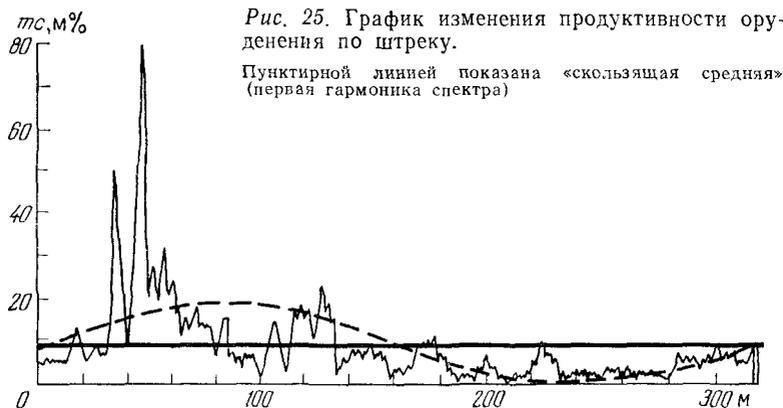


Рис. 25. График изменения продуктивности оруденения по штреку.

Пунктирной линией показана «скользящая средняя» (первая гармоника спектра)

метра можно рассчитать показатели его анизотропии в плоскости залежи.

Для оценки характеристик случайной и закономерной изменчивости геологоразведочных параметров, не отвечающих условиям стационарности, могут быть использованы спектральные плотности (линейчатые спектры), характеризующие распределение дисперсий по частотам полигармонических колебаний наблюдаемых значений параметра.

В условиях массовости исходных данных и стационарности случайных функций наблюдаемых геологоразведочных параметров расчет средних значений погрешностей в заданных объемах недр может быть выполнен и с помощью геостатистических методов на основе определения коэффициента абсолютной контрастности [14].

При использовании всех перечисленных моделей необходимо учитывать функции их статистических распределений и проводить расчеты эмпирических функций для логарифмов наблюдаемых значений геологоразведочных параметров, если их распределения асимметричны и не противоречат логнормальному закону.

В качестве примера приводятся результаты обработки данных опробования рудной жилы по участку детализационных работ. Рудная жила опробована по штреку на протяжении 316 м бороздовыми пробами с интервалами через 2 м (рис. 25). Между мощностью жилы и содержаниями металла установлена прямая корреляционная связь. Поэтому наиболее изменчивым геологоразведоч-

ным параметром является линейный запас  $mc = x$ . Среднее значение линейного запаса

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} = \frac{\sum_{i=1}^{159} x_i}{159} = 7,11 \text{ усл. ед.}$$

Дисперсия линейного запаса

$$s^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n - 1} = \frac{\sum_{i=1}^{159} (x_i - 7,11)^2}{158} = 138,9$$

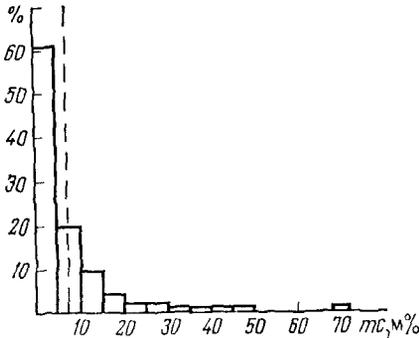


Рис. 26. Гистограмма линейных запасов металла

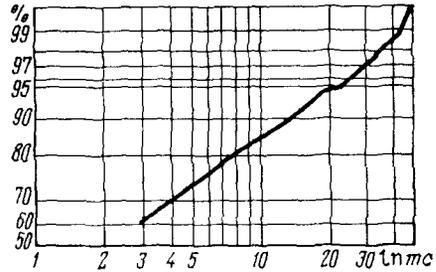


Рис. 27. Проверка логнормального статистического размещения линейных запасов на вероятностной бумаге

Гистограмма линейного запаса характеризуется резкой асимметрией (рис. 26), что свидетельствует о несоответствии статистического распределения этого параметра нормальному закону. К такому же выводу приводит аналитическая оценка асимметрии  $A$  и эксцесса  $E$ .

$$\frac{A}{\sigma_A} = \frac{\sum_{i=1}^{159} (x_i - \bar{x})^3}{ns^3\sigma_A} = 4,13;$$

$$\frac{E}{\sigma_E} = \left[ \frac{\sum_{i=1}^{159} (x_i - \bar{x})^4}{ns^4} - 3 \right] / \sigma_E = 21,64,$$

где

$$\sigma_E = \sqrt{\frac{24}{n}}; \quad \sigma_A = \sqrt{\frac{6}{n}}.$$

Поскольку значения

$$\frac{A}{\sigma_A} \text{ и } \frac{E}{\sigma_E}$$

значительно больше трех, ряд не может быть аппроксимирован функцией нормального распределения.

Проверку соответствия распределения логнормальному закону приводим графически с помощью вероятностей логарифмической бумаги (рис. 27) и аналитически по значениям натуральных логарифмов:

$$\ln x = \frac{\sum_{i=1}^n \ln x_i}{n} = 0,59;$$

$$s_{\ln}^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (\ln x_i - \overline{\ln x})^2}{n-1} = 5,89;$$

$$\frac{A_{\ln}}{\sigma A_{\ln}} = \frac{\sum_{i=1}^n (\ln x_i - \overline{\ln x})^3}{n s_{\ln}^3 \sigma A_{\ln}} = 1,24;$$

$$\frac{E_{\ln}}{\sigma E_{\ln}} = \left[ \frac{\sum_{i=1}^n (\ln x_i - \overline{\ln x})^4}{n s_{\ln}^4} - 3 \right] / \sigma E_{\ln} = 0,44.$$

Обе проверки свидетельствуют о том, что функция распределения линейного запаса не противоречит логнормальному закону.

Наличие или отсутствие тренда проверяется по числу точек, в которых знак приращения изменяется на противоположный. Для случайных последовательностей (при  $n > 10$ ) статистическое распределение числа точек смены знака близко к нормальному с математическим ожиданием

$$E_{(t)} = (2n - 4)/3$$

и дисперсией

$$\sigma_{(t)}^2 = (16n - 29)/90,$$

где  $t$  — число точек со сменой знака.

Гипотеза о случайном характере последовательности оценивается по критерию

$$z = \frac{t - E_{(t)}}{\sqrt{\sigma_{(t)}^2}}.$$

Она принимается, если вычисленное значение критерия меньше табличного для заданной вероятности и наоборот. В данном примере  $t = 73$ ;  $E_{(t)} = 104,3$ ;  $\sigma_{(t)}^2 = 16,9$ ;  $z = 7,56$ .

Поскольку  $z_{0,99} < z_{\text{вычисл}}$ , т. е.  $3 < 7,56$ , гипотеза отвергается, и, следовательно, в изучаемом ряду имеется тренд.

Для выделения закономерностей составляющей изменчивости используется нормированная автокорреляционная функция

$$r_x(h) = \frac{\sum_1^{n-h} (x_i - \bar{x})(x_{i-n} - \bar{x}_h)}{(n-h) s_1 s_2},$$

где  $h$  — расстояния между точками наблюдения, выраженные числом интервалов между смежными пересечениями;  $\bar{x}$  — среднее значение ряда с  $1 \leq i \leq (n-h)$ ;  $\bar{x}_h$  — среднее значение ряда с  $h \leq i \leq n$ ;  $s_1$  — среднее квадратичное отклонение ряда с  $1 \leq i \leq (n-h)$ ;  $s_2$  — среднее квадратичное отклонение ряда с  $h \leq i \leq n$ ;

или линейчатый спектр дисперсий

$$\sum_0^k d_k = \frac{2}{n} + \frac{4}{n} \sum_{h=1}^{h=\frac{n}{2}-1} r_x(h) \cos \frac{2\pi kh}{n} + 2 \frac{r_x(h=n/2)}{n} (-1)^k,$$

где

$$d = \frac{1}{2} A^2$$

— амплитуды гармоник спектра дисперсий;  $k$  — номера гармоник;  $n$  — общее число наблюдений.

При автокорреляционной функции (рис. 28) устанавливается, что коэффициент корреляции между значениями линейных запасов изменяется от 0,5 при расстояниях между смежными пробами 2 м ( $h=1$ ) до нуля при расстояниях между ними около 80—100 м ( $h=40-50$ ). Появление отрицательных значений коэффициента корреляции при расстояниях между пробами более 100 м свидетельствует о том, что в пространственной изменчивости линейных запасов наблюдается периодичность с длиной волны, сопоставимой с опробованной длиной штрека. Флуктуации автокорреляционной функции указывают на существование мелких периодических колебаний в значении линейного запаса. Для того чтобы геометризовать низкочастотную закономерную составляющую линейных запасов по простиранию жилы, необходимо обеспечить расстояние между смежными пробами (разведочными пересечениями) заведомо меньше 80 м ( $40h$ ). Более корректная оценка закономерной составляющей пространственной изменчивости линейного запаса в зависимости от средних расстояний между смежными пробами обеспечивается с помощью линейчатого спектра дисперсий линейных запасов (рис. 29). Для этого, задаваясь доверительной вероятностью (например, 95%), статистически нужно оценить долю аномальных гармоник спектра ( $d_{k_{ан}}$ ) и вычесть их из единицы. В рассматриваемом примере сумма аномальных гармоник, т. е. доля закономерной составляющей изменчивости линейного запаса при  $k=7$  составляет 0,651. Более 30% дисперсии связано с первой низкочастотной гармоникой, длина которой равна опробованной длине штрека (см. рис. 25), а остальные 30% распределяются по

12 другим, нередко высокочастотным, гармоникам. Спектром подтверждается целесообразность геометризации только первой гармоники, что может быть достигнуто при сети 80 м ( $1/4$  длины пер-

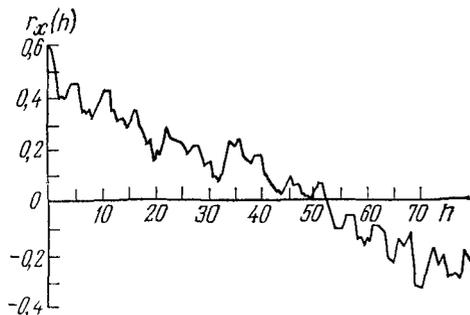
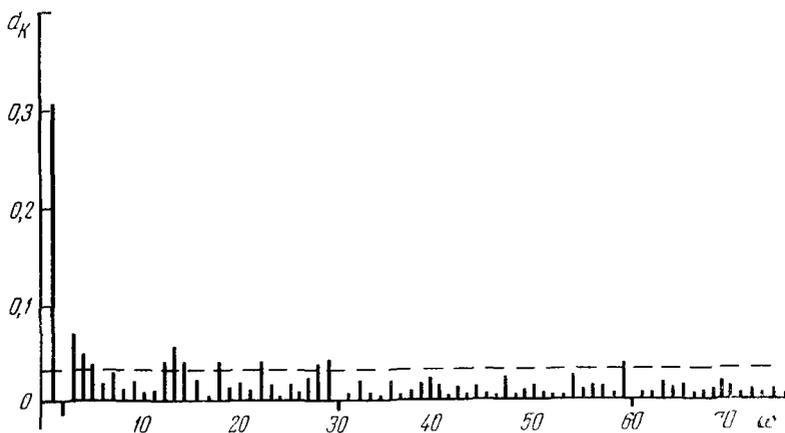


Рис. 28. График корреляционной функции характеристик линейных запасов металла

Рис. 29. Линейчатый спектр плотностей дисперсий линейных запасов металла.

Пунктирная линия — предельное значение фоновых значений  $d_k$



вой гармоники). В этом случае на долю случайных гармоник остается  $1 - 0,31 \approx 0,69$  общей доли дисперсии, которую и следует использовать при расчетах погрешностей линейных запасов и средних содержаний металла в блоках, разведанных по сети порядка 80 м. Дальнейшее сгущение сети наблюдений не целесообразно, так как это не приведет к существенному уменьшению доли случайной изменчивости линейных запасов. Например, уменьшение расстояний между смежными пробами до 20 м позволит геометризовать третью гармонику, однако это уменьшит долю случайных гармоник всего лишь на 0,08.

## § 5. Приемы оценки оптимальности сети после завершения разведочных работ

Детальное изучение месторождения продолжается в процессе его эксплуатационной разведки. При проведении горно-подготовительных нарезных и очистных работ осваиваемые участки вскры-

ваются предельно густой сетью разведочных пересечений. В этих условиях геологу впервые предоставляется возможность оценить оптимальность принятой ранее разведочной сети путем непосредственного сравнения разведочных данных с результатами, полученными в процессе эксплуатационных работ. Оценка оптимальности разведочной сети может быть выполнена:

- сопоставлением результатов ранее проведенных разведочных работ с результатами эксплуатационной разведки;

- сравнением подсчета запасов с результатами эксплуатационных работ;

- методом экспериментального разрежения разведочной сети.

*Сопоставление результатов ранее проведенных разведочных работ с результатами эксплуатационной разведки* предусмотрено инструкциями ГКЗ СССР при переоценке и утверждении запасов минерального сырья на действующих горнорудных предприятиях. Без выполнения этого требования запасы не принимаются к рассмотрению и утверждению. Оценка оптимальности заключается в том, что геологические разрезы, геологоразведочные параметры и запасы продуктивных залежей, выявленные в результате разведочных работ, сопоставляются с более детальными разрезами и оценочными параметрами, полученными в тех же плоскостях по результатам эксплуатационной разведки. При этом сопоставляются:

- представления о геологическом строении участка месторождения (условия залегания и пространственное размещение рудоконтролирующих структур (рис. 30);

- контуры продуктивных залежей с точки зрения выдержанности их форм, ориентировки и связи с рудоконтролирующими геологическими элементами (рис. 31);

- представления о строении продуктивных залежей, полученные по ранее проведенным разведочным работам и выявленные по результатам эксплуатационной разведки (рис. 32);

- сортовые контуры, разделяющие участки полезного ископаемого различных технологических сортов и типов с оценкой надежности оконтуривания участков, сложенных минеральными скоплениями различного состава (рис. 33);

- средние значения важнейших геологоразведочных параметров, мощностей, содержаний, площадей, коэффициентов рудоносности, оценок линейных или площадных запасов, руд и полезных компонентов.

По результатам сопоставления оценивается степень подтверждения результатов ранее проведенных разведочных работ данными эксплуатационной разведки, а при их неподтверждении устанавливаются причины расхождений. В зависимости от результатов сопоставления и причин неподтверждения запасов разведочная сеть или методика разведочных работ подвергаются соответствующей корректировке.

*Сравнение данных подсчета запасов с результатами эксплуатационных работ* обеспечивает принципиальную оценку достоверности разведки, хотя строго говоря, эти данные не сопоставимы. По

результатам геологоразведочных работ подсчитываются «геологические запасы», т. е. запасы в недрах без учета неизбежных потерь и разубоживания при их добыче. По данным же эксплуатационных работ определяются только извлеченные из недр «про-

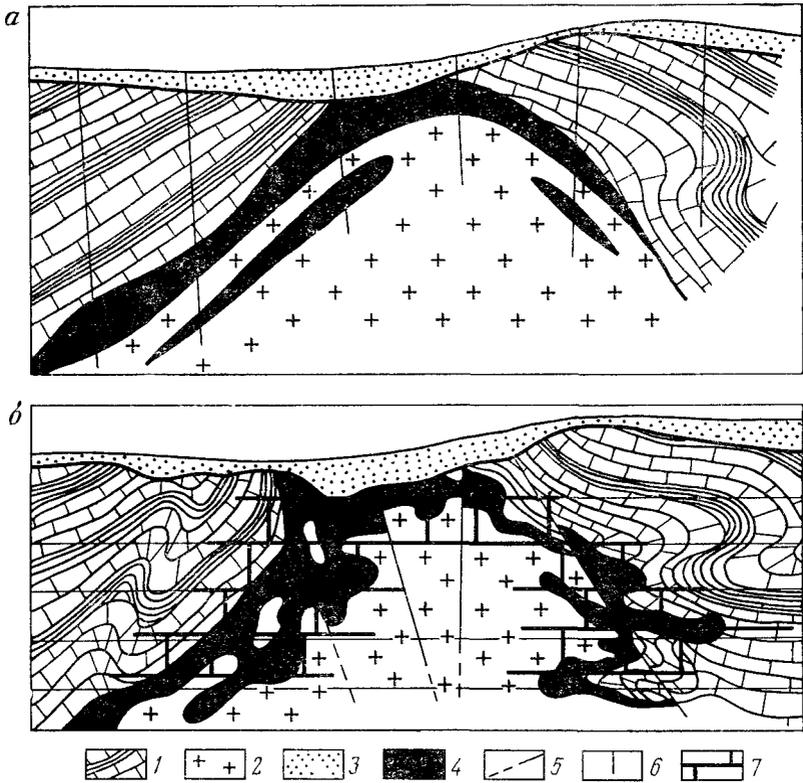


Рис. 30. Сравнение геологических разрезов, составленных по данным детальной (а) и эксплуатационной (б) разведок.

1 — карбонатные породы; 2 — гранитоиды; 3 — рыхлые отложения; 4 — рудоносные скарны; 5 — тектонические нарушения; 6 — разведочные скважины, 7 — горные выработки

мышленные запасы», которые меньше геологических запасов на величину потерь и отличаются от них по качеству на величину разубоживания. Для получения сопоставимых данных в процессе эксплуатации месторождения необходимо проводить экспериментальные работы и систематически определять фактические потери и разубоживание полезных ископаемых, что далеко не всегда выполняется с достаточной надежностью и полнотой. Поэтому применительно к решению задачи оптимизации разведочной сети способ сравнения данных подсчета запасов с результатами эксплуатационных работ имеет вспомогательное значение. Однако такие сопоставления всегда следует проводить для получения дополни-

тельных данных, контролирующих качество геологоразведочных работ, которые имеют своей конечной целью выявление запасов, обеспечивающих нормальную работу горного предприятия.

Экспериментальное разрежение разведочной сети — это самый надежный и одновременно самый трудоемкий метод ее оптимизации. В полномочном варианте он может быть проведен только по результатам эксплуатационной разведки, когда экспериментальный участок месторождения вскрывается предельно густой сетью разведочных пересечений.

Сущность метода заключается в сопоставлении геологических разрезов, контуров промышленной минерализации, средних значений подсчетных параметров, запасов полезного ископаемого и других характеристик, полученных по многочисленным вариантам наложения разведочных сетей различной геометрии с эталонными значениями тех же характеристик, за которые принимаются данные, полученные по исходной, предельно густой разведочной сети. С этой целью составляются схемы последовательного разрежения и определяется количество возможных вариантов смещения разведочной сети. При разрежении квадратной сети в два раза возникает четыре возможных варианта смещения сети, а при разрежении в три и четыре раза, соответственно, 9 и 16 вариантов смещения сети. Если использовать различные масштабы разрежения по пересекающимся направлениям, применять не только квадратные, но и прямоугольные варианты разрежения сети, количество вариантов ее смещения увеличивается еще больше. Практически количество рассматриваемых вариантов может колебаться от десятков до сотен и даже тысяч. Поэтому для вычисления средних значений геологоразведочных параметров, оценок линейных или площадных запасов и различных коэффициентов по

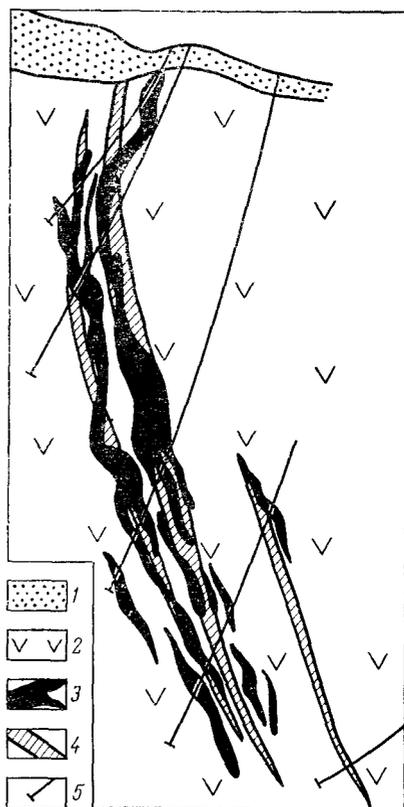


Рис 31. Сравнение форм рудных залежей, построенных по данным детальной и эксплуатационной разведки полиметаллического месторождения (по А. И. Гольдфельду).

1 — рыхлые отложения; 2 — вмещающие породы; 3 — формы рудных залежей по данным эксплуатационной разведки; 4 — формы рудных залежей по данным детальной разведки; 5 — скважины детальной разведки

рассматриваемым вариантам применяются ЭВМ, а сопоставление геологических разрезов и контуров промышленной минерализации проводится выборочно по ограниченному числу вариантов.

Корректировка разведочной сети по результатам сопоставления эталонных геологических разрезов, отражающих представления о морфологии, составе и строении залежей полезных ископаемых, с разрезами, составленными по вариантам разрежения сети, про-

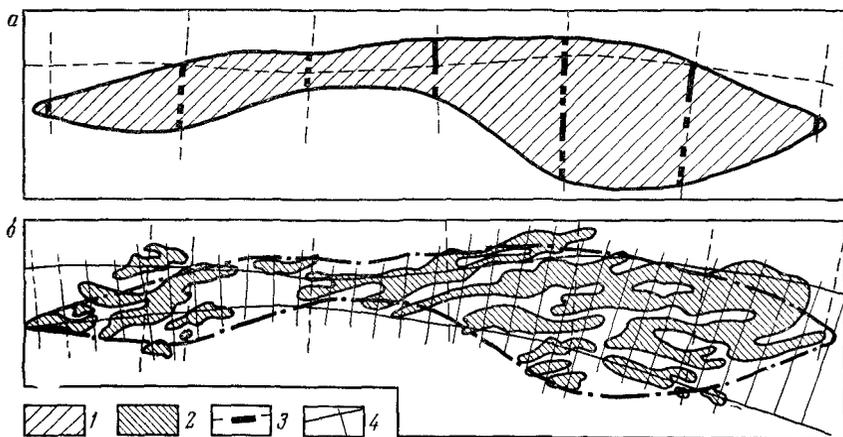


Рис. 32. Строение продуктивных залежей по данным детальной (а) и эксплуатационной (б) разведок.

1—2 — формы залежей по данным: 1 — детальной разведки, 2 — эксплуатационной разведки; 3 — разведочные пересечения детальной разведки с рудными интервалами, 4 — разведочные пересечения эксплуатационной разведки

изводится по той же методике, что и при сопоставлении результатов допроектной и эксплуатационной разведок.

Для суждения о погрешностях оценок средних значений геологоразведочных параметров запасов и других свойств полезных ископаемых составляются графики, характеризующие изменения этих погрешностей в зависимости от числа разведочных пересечений (рис. 34).

Задаваясь погрешностью оценки геологоразведочного параметра, с помощью аналогичных графиков устанавливается оптимальное количество разведочных пересечений, обеспечивающее заданную точность. Оптимальная плотность разведочной сети рассчитывается как частное от деления всей разведываемой площади на оптимальное число разведочных пересечений, а расстояния между разведочными пересечениями вычисляются для изометрической сети. В дальнейшем квадратная сеть может быть изменена на равновеликую прямоугольную по геолого-морфологическим соображениям. Но при таком подходе к обработке результатов не учитывается, что кроме количества наблюдений на погрешность оценок геологоразведочных параметров не меньшее влияние оказы-

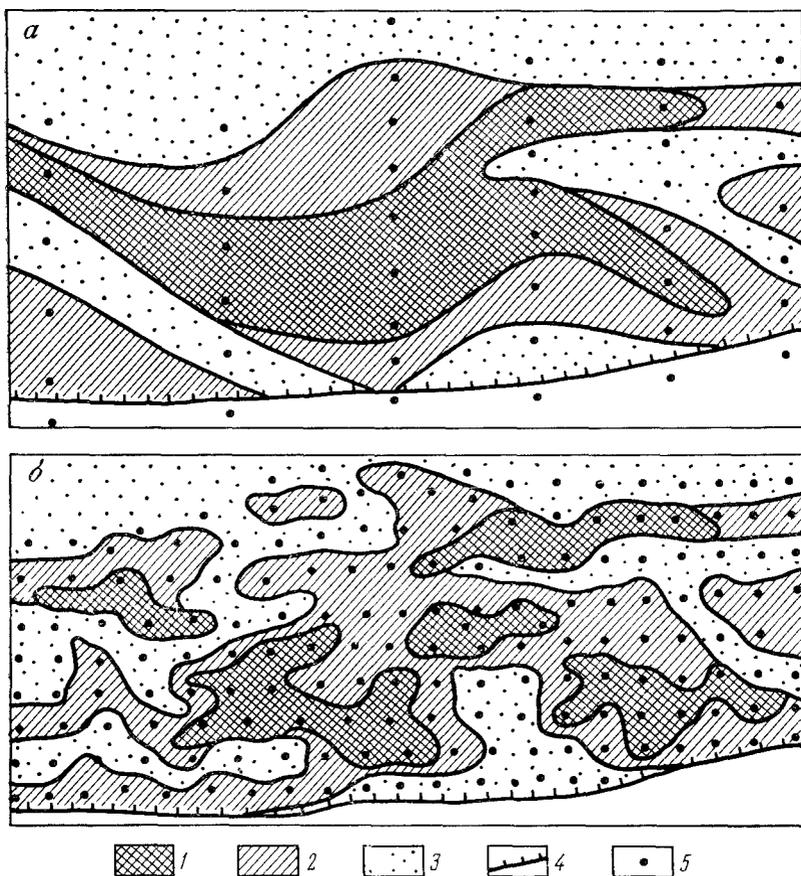
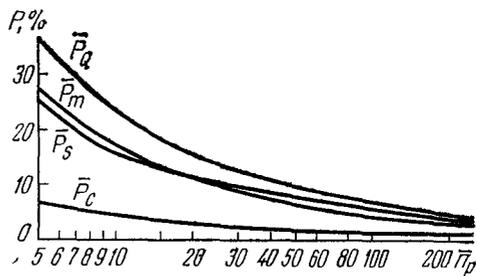


Рис 33. Участок железорудного карьера, сложенный рудами различных технологических сортов по данным детальной (а) и эксплуатационной (б) разведок. 1 — богатый магнетитовый скарн, 2 — убогий магнетитовый скарн, 3 — безрудный скарн, 4 — борт карьера, 5 — скважины

Рис 34 Кривые изменения относительных среднеарифметических погрешностей  $P$  определения средней мощности  $\bar{P}_m$ , среднего содержания  $\bar{P}_c$ , площадей залежи  $\bar{P}_s$  и запасов  $\bar{P}_q$  никеля в зависимости от числа разведочных рудных пересечений  $\bar{n}_p$  для месторождения силикатно-никелевых руд (по В. И. Бирюкову и др.)



вает густота разведочной сети, особенно при небольших размерах ее ячеек.

На рис. 35 приводится сводный график зависимости вероятных погрешностей подсчета запасов, составленный А. И. Гольдфельдом по данным изучения колчеданного полиметаллического месторождения. Из графика видно, что при густоте сети порядка  $14 \times 14$  м погрешности подсчета запасов изменяются от  $\pm 5\%$  при количестве наблюдений  $N=100$  до  $\pm 15\%$  при  $N=15$ ; а при густоте

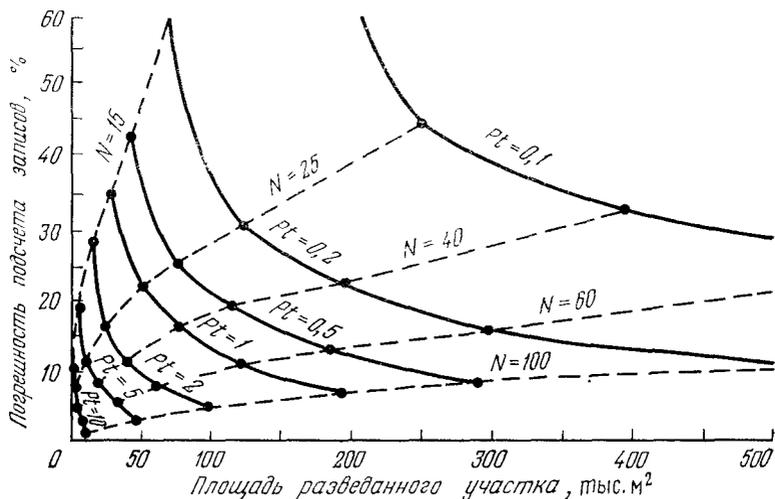


Рис. 35. Сводный график зависимости вероятных погрешностей подсчета запасов колчеданного полиметаллического месторождения от площади разведанного участка (по А. И. Гольдфельду).

$Pt$  — плотность разведочной сети,  $N$  — число разведочных пересечений на 1 тыс. м<sup>2</sup> ( $Pt=0,1$  соответствует сети  $100 \times 100$  м;  $Pt=10$  — сети  $10 \times 10$  м)

сети  $70 \times 70$  м они составляют при  $N=100$  около  $\pm 10\%$ , при  $N=15$  — примерно  $\pm 60\%$ . Влияние количества разведочных пересечений сказывается на погрешностях подсчета запасов более отчетливо: при  $N=15$  они изменяются для разной геометрии сети от 5 до 60 %, а при  $N=100$  — только в интервале 5—10 %. Поэтому при обработке экспериментальных результатов разрежения сети необходимо выявлять зависимости изменения погрешностей оценок запасов и средних значений геологоразведочных параметров как от числа наблюдений, так и от густоты разведочной сети.

При использовании метода разрежения сети нельзя делать практические выводы по единичным вариантам и тем более только по одному варианту разрежения. На рис. 36 приведен график, характеризующий разброс погрешностей подсчета запасов по одному из месторождений при разном числе разведочных пересечений. Каждая точка графика отражает погрешности оценок запасов по одному случайному варианту разрежения, а разведчика интересует

средняя погрешность, оценить которую можно только по всей совокупности вариантов.

Методом экспериментального разрежения сети могут быть оценены и погрешности геометризации контуров залежей полезных ископаемых. Оценки погрешностей геометризации сводятся к по-

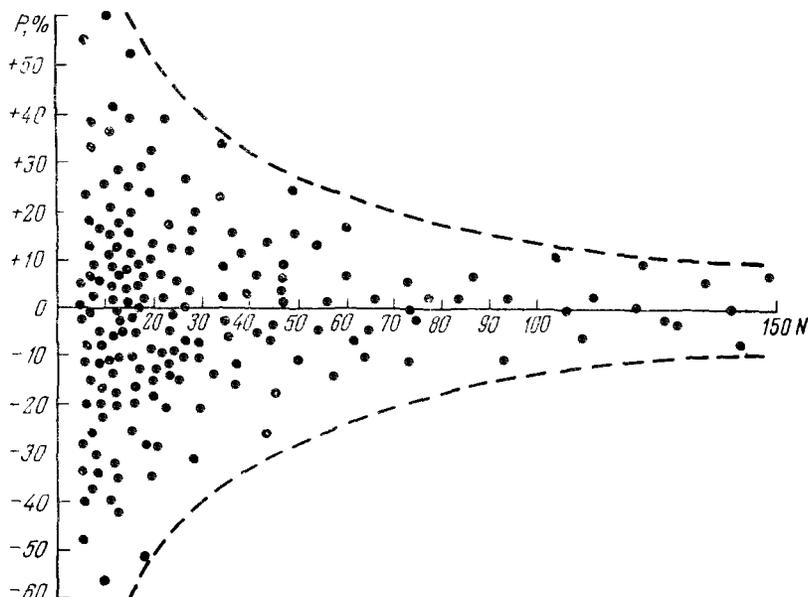


Рис. 36. График погрешностей оценки запасов рудного месторождения  $P_i$  при разном количестве разведочных пересечений  $N$  (по В. А. Петрову)

строениям контуров залежей в многочисленных вариантах разрежения исходной, предельно густой сети и сравнения их с контурами, принимаемыми за истинные.

#### Контрольные вопросы

1. Сформулируйте исходные положения, обеспечивающие реальную возможность оптимизации условий разведочных работ.
2. Как и почему изменяются объекты изучения и оценки на разных стадиях разведочных работ? Перечислите их для стадий предварительной, детальной и эксплуатационной разведок.
3. Какие количественные характеристики полезных ископаемых могут быть использованы для целей оптимизации разведочной сети?
4. От каких факторов зависят ориентировка и соотношение сторон разведочной сети, ее густота и число разведочных пересечений?
5. Какие геологические факторы оказывают определяющее влияние на выбор технических средств разведки и систем разведочных работ?
6. Какие горно-технические и географо-экономические факторы оказывают наиболее существенное влияние на выбор технических средств разведочных работ?
7. Охарактеризуйте наиболее распространенные практические приемы оптимизации разведочной сети при проектировании разведочных работ.

8. Какие принципы положены в основу разведочной группировки месторождений? Какое влияние они оказывают на выбор технических средств разведки и геометрии разведочной сети?

9. Каким образом можно судить об оптимальности разведочной сети по степени увязки смежных разведочных пересечений и разрезов?

10. В чем заключается сущность приема оптимизации разведочной сети путем выборочного сгущения разведочных пересечений и разрезов?

11. В чем сущность приема оптимизации разведочной сети с помощью эталонных разрезов? Приведите примеры использования методов геолого-математического моделирования свойств полезных ископаемых для этих целей.

12. По каким параметрам производится сопоставление результатов ранее проведенных разведочных работ с результатами эксплуатационной разведки?

13. В чем заключается сложность сопоставления данных подсчета запасов с результатами эксплуатационных работ?

14. Объясните сущность метода экспериментального разрежения разведочной сети. Охарактеризуйте его положительные стороны и недостатки.

## Глава 8

### ОПРОВАНИЕ РАЗВЕДОЧНЫХ ВЫРАБОТОК И СКВАЖИН

При проведении разведочных работ все горные выработки и скважины подвергаются систематическому рядовому, геохимическому, технологическому и техническому опробованию. По данным рядового опробования оценивается качество полезного ископаемого, а во многих случаях производится и оконтуривание промышленно ценных участков. При разведке полезных горных пород, многих полезных минералов или кристаллов рядовое опробование заменяется регулярным техническим опробованием. На многих рудных и некоторых нерудных месторождениях проводится геохимическое опробование для выявления и картирования ореолов рассеяния элементов-индикаторов и элементов-спутников оруденения как поисковых и поисково-разведочных признаков рудных концентраций различного масштаба. На всех месторождениях проводится технологическое опробование для изучения технологических свойств полезных ископаемых и техническое опробование для определения объемных масс, влажности и других физических свойств пород и руд. Вопросам теории и практики опробования посвящены капитальные исследования М. Н. Альбова, Н. В. Барышева, Д. А. Зенкова, Н. В. Иванова, К. Л. Пожарицкого, Л. И. Четверикова и ряда других исследователей. Наиболее полные сведения по вопросам опробования месторождений полезных ископаемых приводятся в учебном пособии М. Н. Альбова [1].

#### § 1. Способы отбора проб в разведочных горных выработках

В зависимости от целевого назначения опробования из разведочных горных выработок отбираются линейные, объемные, реже площадные или точечные пробы. Линейные пробы обеспечивают

сплошное опробование разведочного пересечения и практически любую детальность изучения текстуры полезного ископаемого. Объемные (реже площадные) пробы отбираются для контроля линейных проб, изучения технологических и технических свойств и для рядового опробования специфических видов минерального сырья. Точечные пробы используются для изучения некоторых свойств полезных ископаемых или вмещающих пород и значительно реже — для рядового опробования.

*Линейные пробы* отбираются бороздовым или шпуровым способом.

Бороздовый способ пользуется наибольшим распространением и является практически универсальным. Он состоит в том, что вдоль обнаженной поверхности полезного ископаемого по заранее намеченной линии вырубается или вырезается борозда прямоугольного сечения. Отбор бороздовых проб может производиться вручную с помощью зубила или молотка или механизированными способами. Обязательным условием качественного пробоотбора является полноценный сбор отбитого материала и выдержанность поперечных сечений борозд на всем протяжении. Перед взятием бороздовой пробы обнаженная поверхность выравнивается и обмывается водой.

Ручной способ пробоотбора с помощью зубила и молотка характеризуется низкой производительностью и невыдержанностью поперечных сечений борозд. Механические способы пробоотбора с применением перфораторов и отбойных молотков также не обеспечивают выдержанных сечений борозд и полного сбора отбитого материала. Наиболее совершенный способ отбора бороздовых проб обеспечивается с помощью пробоотборников режущего действия конструкции ЦНИГРИ ПЭР-1 с электропроводом и ППР-2 с пневматическим приводом. Они состоят из двух параллельных мелкоалмазных дисков, позволяющих отбирать глубоковрезанные щелевые пробы. При вырезании щелевых борозд шириной 3 мм и глубиной 5 мм обеспечиваются ровные поверхности стенок и сводится до минимума возможное избирательное выкрашивание минералов.

Бороздовые пробы должны ориентироваться в направлении максимальной изменчивости свойств полезных ископаемых, которая часто совпадает с мощностью залежей. Однако строгое соблюдение этого требования осложняет операцию пробоотбора. В практике разведочных работ крутопадающие залежи обычно опробуются горизонтальными бороздами, а пологопадающие — вертикальными (рис. 37). При опробовании поверхностных горных выработок бороздовые пробы отбираются в канавах — по дну, в шурфах — по одной или двум стенкам. В кваршлагах, оргах, гезенках и восстающих опробуются одна или обе противоположные стенки, в штреках — кровля или забой. Борозды отбираются всегда на одной и той же заранее заданной высоте (примерно на 1—1,2 м от почвы выработки). Каждая проба отбирается полностью на всю мощность залежи от ее висячего до лежащего бока и представляет собой сквозную бороздовую пробу. Чтобы убедиться в от-

существовании промышленной минерализации, висячем и лежащем боках залежи на продолжении сквозной борозды отбираются контрольные пробы.

Если отдельные участки сквозной борозды отбираются и изучаются самостоятельно, то они называются секционными, или ин-

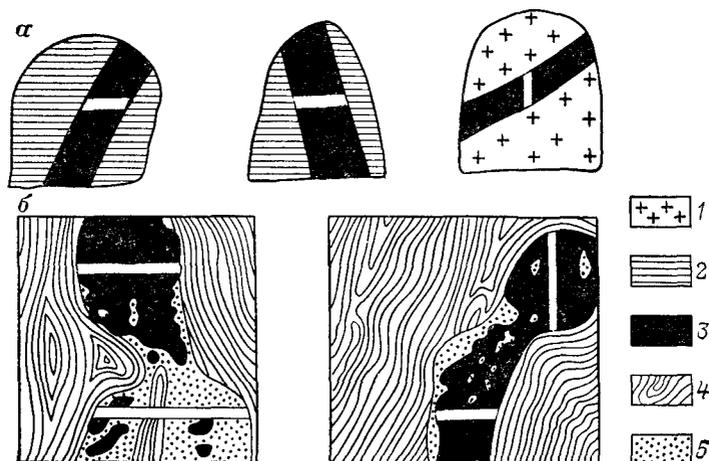


Рис. 37. Расположение борозд в забоях горизонтальных выработок [20] Алайского мышьякового (а), Раздольнинского сурьмяного (б) месторождений.

1 — мондонит; 2 — роговик, 3 — руда; 4 — филлиты; 5 — кварц

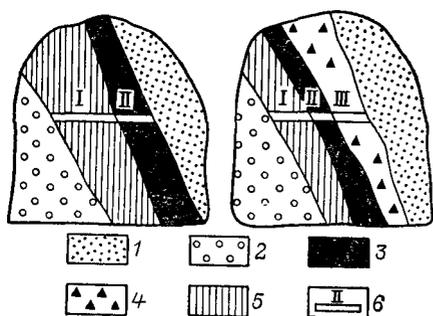


Рис. 38. Схема секционного опробования на месторождении кобальт-никелевых руд [20].

1 — песчаники, 2 — полиминеральные скарны; 3 — сплошные сульфидные Co—Ni-руды; 4 — брекчированные руды; 5 — карбонатная метасоматическая порода с вкрапленностью и прожилками сульфидов; 6 — секция и ее номер

тервальными пробами. Границы секционных проб устанавливаются по совокупности геолого-физических данных, поэтому их длина, как правило, различна (рис. 38). При интервальном опробовании все частные пробы имеют одинаковую длину, которая устанавливается заранее.

Шпуровое опробование заключается в сборе буровой пыли в процессе бурения специальных или отбойных шпуров. Для улавливания материалов проб применяются патрубki (или тройники) и пылеулавливатели, обеспечивающие сбор от 70 до 95 %

буровой пыли. При однородном составе пробы потери пыли не оказывают влияния на достоверность результатов анализа проб, но при заметных различиях в твердости и крупности рудных и породообразующих минералов потери становятся избирательными и приводят к появлению систематических погрешностей пробоотбора.

Бурение шпуров производится обычными или колонковыми перфораторами.

Бороздовый способ отбора рядовых проб является главным на стадиях предварительной и детальной разведок. Пленочный и шпуровой способы находят широкое применение в условиях эксплуатационной разведки.

*Объемные пробы* отбираются валовым способом, а для отбора площадных проб используется задиrkовый способ.

При валовом способе в пробу отбирается вся масса полезного ископаемого, отбитая с заданного интервала в процессе проходки горной выработки. Массы валовых проб зависят от их назначения. Для рядового опробования специфических видов минерального сырья (главным образом полезных минералов) контрольные и лабораторные технологические пробы отбираются массой от сотен килограммов до первых тонн. При отборе полупромышленных и фабричных проб массы проб достигают десятков, сотен и даже тысяч тонн. Если масса отбитого полезного ископаемого заведомо превышает необходимую массу валовой пробы, она сокращается путем отбора в пробу каждой  $n$ -ой лопаты, бадьи или вагонетки.

Валовое опробование обеспечивает максимальную достоверность результатов испытаний проб и их наиболее высокую представительность, однако отличается низкой производительностью, высокой себестоимостью и сложностью пробоотбора, если разведочной выработкой вскрывается не только полезное ископаемое, но и вмещающие породы.

При задиrkовом способе со всей обнаженной поверхности полезного ископаемого отбирается (задиrkается) ровный слой, который поступает в пробу. Отбойка задиrkовых проб производится вручную и представляет собой весьма трудоемкий процесс. Задиrkовым способом пользуются в исключительных случаях, главным образом при разведке тонких жил с крайне неравномерным размещением полезных минералов.

*Точечные пробы* отбираются шуфным, точечным, горстьевым способами и способом пунктирной борозды.

Шуфной способ заключается в отбойке отдельных монолитных кусков (шуффов) полезного ископаемого или вмещающих пород массой 1—2 кг. Этот простейший и весьма оперативный способ пробоотбора широко используется при изучении важнейших технических, физических и химических свойств полезных ископаемых — объемных масс, влажности, пористости, магнитной восприимчивости, содержания породообразующих окислов и др., если пространственная изменчивость изучаемого свойства невелика.

При точечном способе проба составляется из небольших кусочков полезного ископаемого, отбитых с заданного участка обнаженной поверхности горной выработки. Точки отбора элементарных проб располагаются на опробуемой поверхности в строго определенном порядке, например, в узлах квадратной или прямоугольной сети. Элементарные пробы отбиваются зубилом и молотком или выбуриваются с помощью механических пробоотборников. Общая масса пробы достигает нескольких килограммов.

Горстьевой способ (или способ вычерпывания) отличается от точечного способа тем, что элементарные пробы отбираются не из обнаженных стенок горных выработок, а из отбитой массы полезного ископаемого, наваленной у забоя после отпалки. Элементарные пробы отбираются по сетке непосредственно с поверхности навала, либо вычерпываются из лунок для предупреждения систематических погрешностей, связанных с избирательными потерями обогащенной рудной мелочи.

Способ пунктирной борозды, применявшийся при опробовании уральских колчеданных месторождений и описанный во многих руководствах, заключается в том, что по направлению максимальной изменчивости залежи отбивается не сплошная, а прерывистая борозда. Этот способ обеспечивает достоверные результаты опробования только в условиях практически равномерного размещения полезных минералов и при выдержанных физико-механических свойствах руд.

Главный недостаток всех точечных методов пробоотбора заключается в том, что разведочные пересечения опробуются не сплошь, а только выборочно в отдельных точках. Несмотря на более высокую производительность и низкую себестоимость точечные методы не следует применять для отбора рядовых проб, особенно на допроектных стадиях геологоразведочных работ. Каждое разведочное пересечение является единственным направлением сплошного вскрытия полезного ископаемого и поэтому должно быть подвергнуто сплошному опробованию.

## **§ 2. Способы отбора проб в скважинах колонкового бурения**

При бурении колонковых скважин материалом пробы служит керн, а при низком выходе керна — керн и шлам. Полнота выхода керна зависит от физико-механических свойств полезных ископаемых, режима и техники бурения. Выход керна оценивается линейным способом как отношение длины керна к длине пробуренного интервала и весовым способом как отношение фактической массы поднятого керна к расчетной его массе для пробуренного интервала.

Для отбора пробы керн раскалывают по его длинной оси вручную или с помощью гидравлического кернокола. Одна половина (или четверть) керна идет в пробу, а другая — хранится в каче-

стве дубликата. Более совершенный способ отбора керновой пробы — распиливание керна.

При отборе пробы вдоль продольной оси керна срезается сегмент толщиной 10—15 см, который подлежит хранению, материал распила (мука) используется в качестве рядовой пробы и направляется на анализ, а оставшаяся часть керна идет для изготовления шлифов и может служить материалом для технических и технологических проб.

Отбор малогабаритных бороздовых, в частности, геохимических проб, ориентированных вдоль длинной оси керна, производится методом фрезерования с помощью станка конструкции М. Н. Альбова и В. Л. Чебышева. Станок обеспечивает выпиливание борозды шириной от 3,5 до 8 мм и глубиной до 12 мм, представительностью которой практически эквивалентна представительности керновой пробы.

При низком выходе керна, а также, когда есть основание предполагать возможность избирательного его истирания, помимо керновых проб, дополнительно собирается буровой шлам и мути. Пробы шлама и мути берутся с тех же интервалов скважины, с которых отбираются керновые пробы. Шлам отбирается непосредственно из шламовой трубы и дополнительно (вместе с мутью) — у устья скважины. Проба шлама и мути является единой из материала, собранного с опробуемого интервала в шламовой трубе и у устья скважины.

Вопрос о наличии или отсутствии избирательного истирания решается сопоставлением результатов анализов сопряженных керновых и шламовых проб. При наличии избирательного истирания содержания компонентов по керновым и шламовым пробам систематически расходятся, а при отсутствии — оказываются близкими. Результаты анализов шлама и мути нельзя использовать для определения средних содержаний полезных компонентов вследствие их низкой достоверности. Часть шлама и мути неизбежно теряется, некоторые сульфиды и благородные металлы флотируются промывочным раствором и уходят в свободный слив (или попадают обратно в скважину), шлам засоряется и разубоживается материалом вмещающих пород, а вынос бурового шлама запаздывает по сравнению с продвижением забоя скважины. При наличии избирательного истирания керна необходимо совершенствовать методику пробоотбора, используя все существующие технические средства, и добиваться максимально высокого выхода керна.

### **§ 3. Погрешности пробоотбора в колонковых скважинах и меры, способствующие их снижению**

При колонковом бурении полезных ископаемых, неблагоприятных по физико-механическим свойствам полезных и породобразующих (жильных) минералов, проявляется тенденция к избирательному истиранию керна. Систематическая погрешность опробования, связанная с избирательным истиранием керна, может

быть заметно снижена путем увеличения диаметра скважины. Однако даже относительно высокий линейный выход керна не гарантирует полного исключения систематических погрешностей опробования, так как разрывы и торцевое истирание керна нередко происходит избирательно по прожилкам или гнездам хрупких полезных минералов. В практике разведочных работ выход керна колеблется в широком интервале. В соответствии с действующими инструкциями удовлетворительным считается линейный выход керна выше 70 %. В настоящее время в связи с переходом на алмазное и твердосплавное бурение требования к полноте выхода керна должны быть существенно повышены, так как при разведке многих месторождений даже незначительные потери керна свя-

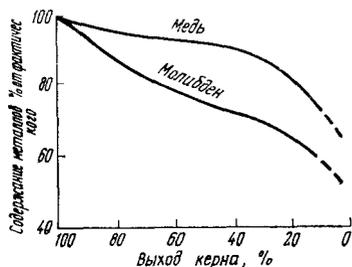


Рис 39 Кривые изменения средних содержаний меди и молибдена в зависимости от линейного выхода керна (по данным Алмалыкской ГРЭ)

заны с избирательным истиранием хрупких полезных минералов — киновари, флюорита, вольфрамита, молибденита и др. (рис. 39). При проектировании колонкового бурения в полезных ископаемых, склонных к избирательному истиранию, следует ориентироваться на более совершенные технические средства: алмазные и твердосплавные коронки, двойные колонковые трубы с вращающейся наружной и неподвижной внутренней трубой, тройные колонковые трубы с разъемной внутренней гильзой, съемные керноприемники типа ССК-59 и КССК-76 и др., обеспечивающие полноценный выход керна в любых природных условиях. Повышение выхода керна достигается также и оптимизацией режима бурения. По данным казахстанских геологов, применение совершенных технических средств колонкового бурения и съемных керноприемников (комплекса ССК-59) обеспечило возможность бурения без подъема снаряда, повышение выхода керна с 78 до 100 %, снижение расхода алмазов с 0,67 до 0,2 карата/м и повышение скорости бурения примерно в два раза. Анализ мирового опыта алмазного и твердосплавного бурения также показывает, что при правильном использовании современного бурового оборудования и инструмента выход керна практически не зависит от диаметра скважины. Так, например, применение двойных колонковых труб со съемным керноприемником при алмазном бурении сильно дробленых и трещиноватых гранитов Корнуола, пронизанных густой сетью кварцоловоносных прожилков, позволило получить столбики керна дли-

ной 1,5—2 м, диаметром 23,8—33,3 мм при линейном выходе керна 92—98 %.

#### **§ 4. Способы пробоотбора при бескерновом бурении**

При бескерновом ударно-канатном и роторном бурении пробой служит буровой шлам, поднимаемый из скважины с пробуренного интервала. В зависимости от диаметра скважин массы проб с 1 м бурения могут изменяться от десятков до сотен килограммов. Материал пробы, представляющий собой жидкую буровую грязь, поднимается из скважины желонкой и сливается в приемный железный бак. Небольшая крупность частиц и хорошая перемешанность буровой грязи позволяют сокращать массы отбираемых проб до нескольких килограммов из опробуемого интервала. Сокращение проб производится специальными делителями или вычерпыванием непосредственно из бака с помощью пробоотборников.

При бурении станками с погруженными пневмударниками (типа БА-100-М), когда очистка скважины производится воздушно-водяной смесью под давлением до  $8 \cdot 10^5$  Па, опробование может производиться специальными шлагоуловителями конструкции М. Н. Альбова и И. В. Стукова [1].

При ручном или механическом ударно-вращательном бурении пробы отбираются из скважин с помощью желонок, ложек или змеевиков. Для получения более или менее достоверных результатов при опробовании рыхлых, неустойчивых и обводненных полезных ископаемых, в частности россыпей, необходимо, чтобы продвижение обсадных труб опережало продвижение забоя скважины. Бурение в этих случаях осуществляется желонками, а пробой с пробуренного интервала служит поднятая буровая грязь. При опробовании сыпучих, но не обводненных полезных ископаемых в качестве буровых наконечников используются ложки, с помощью которых материал пробы поднимается из скважины. Для отбора качественных проб обсадные трубы должны продвигаться непосредственно за продвижением бурового наконечника.

Опробование мягких и пластичных полезных ископаемых осуществляется с помощью змеевика или грунтоносов различных систем.

Опробование стенок скважин возможно с помощью специальных пробоотборников и стреляющих грунтоносов различных систем, однако достоверность результатов при этом, как правило, невысокая.

#### **§ 5. Факторы, определяющие выбор способа отбора проб и важнейшие параметры пробоотбора**

Выбор способа отбора проб зависит от задач опробования, особенностей строения тел полезных ископаемых и физико-механических свойств полезных минералов и вмещающих пород. Во

всех случаях он должен обеспечивать надежность результатов опробования и оперативность пробоотбора. Для рядового опробования этим условиям отвечают линейные способы пробоотбора. Они являются практически универсальными и пользуются наиболее широким распространением при рядовом опробовании горных выработок. Ведущим способом пробоотбора в горных выработках является бороздовый, а при опробовании скважин колонкового бурения отбираются керновые пробы.

Для изучения простейших технических свойств пород и полезных ископаемых часто отбираются штуфные пробы, а для контроля процесса рядового опробования и изучения технологических свойств — валовые пробы. К отбору валовых проб иногда прибегают и в процессе рядового опробования полезных ископаемых с крайне неравномерным, прерывистым строением или в случаях резких различий физических свойств полезных и жильных минералов (вмещающих пород).

Главными параметрами пробоотбора являются:

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

На выбор поперечных сечений проб определяющее влияние оказывают физические свойства полезных и жильных минералов (или вмещающих пород), текстурные и структурные особенности полезных ископаемых, определяющие способность полезных минералов к избирательному выкрашиванию или истиранию. Длины интервалов (или секций) и расстояния между пробами зависят от морфологических особенностей и внутреннего строения тел полезных ископаемых и установленных кондициями требований к детальности их изучения.

Оптимальное число проб в пределах оцениваемых блоков и массы проб определяются в зависимости от изменчивости содержаний и закономерностей пространственного размещения полезных компонентов в контурах промышленной минерализации.

При условии технически совершенных способов отбора проб поперечные сечения борозд и керновых проб не оказывают заметного влияния на достоверность результатов опробования. Это подтверждается расчетами их линейных эквивалентов и многочисленными экспериментальными данными. Благоприятные физические свойства и текстурно-структурные особенности полезных ископаемых, исключая возможность избирательного выкрашивания полезных минералов, позволяют применять минимальные поперечные сечения борозд, обеспечивающие возможность уверенного проведения всех аналитических работ и гарантирующие сохранение достаточных по весу дубликатов.

При заметных различиях физико-механических свойств полезных, породообразующих и жильных минералов в процессе механического отбора проб проявляется отчетливая склонность к избирательному выкрашиванию наиболее хрупких из них. Попадая

в пробу, они обогащают (или разубоживают) ее, что приводит к систематическим погрешностям опробования. Чем несовершеннее способ механического отбора проб, тем сильнее проявляется склонность к избирательному выкрашиванию и больше систематическая погрешность опробования. Для предупреждения этого нежелательного явления необходимо применять наиболее технически совершенные способы пробоотбора, например, пробоотборники ПЭР-1 или ППР-2. Для технически несовершенных способов пробоотбора величина систематической погрешности опробования может быть уменьшена за счет увеличения поперечного сечения борозды, так как увеличение объема пробы происходит при этом быстрее прироста площади обнаженной поверхности борозды, с которой происходит избирательное выкрашивание полезных минералов. Так, например, при увеличении поперечного сечения борозды от  $5 \times 2$  до  $10 \times 5$  см объем пробы увеличивается в 5 раз, а обнаженная площадь борозды только в 2,5 раза. Соответственно систематическая погрешность, связанная с избирательным выкрашиванием полезного минерала, уменьшается примерно в 2,5 раза. Вопрос о выборе поперечного сечения борозд при технически несовершенных способах пробоотбора и неблагоприятных физико-механических свойствах полезных ископаемых и породообразующих минералов должен решаться на каждом конкретном месторождении только экспериментальным путем. Аналитических способов расчета оптимальных поперечных сечений бороздовых проб в условиях возможного избирательного выкрашивания полезных минералов не существует.

От длин частных интервалов (или секций) бороздовых и керновых проб зависит детальность оконтуривания и изучения строения залежей полезных ископаемых, особенно если элементы структурной неоднородности не могут быть выявлены макроскопически. Детальность изучения определяется условиями к оконтуриванию и подсчету запасов месторождения — рабочими мощностями и максимально допустимыми мощностями участков пустых пород, включаемых в контуры промышленной минерализации на разубоживание. Очевидно, что длины отдельных интервалов опробования не должны превышать этих установленных условиями предельных размеров. Выделение более мелких интервалов позволяет изучить детали внутреннего строения полезного ископаемого, что часто нерационально с экономической точки зрения. Только при использовании ядерно-геофизических методов опробования появляются реальные возможности оценки интервалов линейных проб длиной 0,1—0,2 м.

В практике разведки полезных ископаемых, длины секций и интервалов бороздовых и керновых проб изменяются от 0,5 до 5 м и более.

Массы проб устанавливаются обычно как функции их геометрических форм и размеров. Только при опробовании особо ценных видов полезных ископаемых (алмаза, золота и др.), содержания которых измеряются миллионными (и менее) долями процента

от их общей массы, появляется необходимость самостоятельного расчета критических масс (объемов) проб.

Необходимость выбора шага опробования возникает только при разведке полезных ископаемых системами продольных разрезов (в остальных случаях расстояния между сквозными пробами определяются густотой разведочной сети, а по разведочным пересечениям опробование осуществляется сплошными линейными пробами). Часто расстояния между пробами предопределяются принятым оптимальным количеством проб на оцениваемый объем недр и зависят от длин разведочных выработок (штреков и восстающих), т. е. от размеров подсчетных блоков. При сложном строении жил полезных ископаемых чередование рудных столбов, скоплений неправильной формы и разделяющих их пережимов выбор шага опробования зависит от желаемой детальности их оконтуривания.

Оптимальное число проб на оцениваемый объем недр определяется статистической обработкой экспериментальных данных. Для этого предварительно должны быть установлены предельно допустимые погрешности оценки средних содержаний и заданы доверительные вероятности этих оценок. Примерный расчет оптимального числа проб производится по формуле

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

где  $n$  — оптимальное число проб на оцениваемый объем недр, обеспечивающее погрешность оценки среднего содержания не более  $\pm p$  при доверительной вероятности, определяемой коэффициентом  $t$ ;  $V$  — выборочная оценка коэффициента вариации содержаний по данным опробования типичного блока или нескольких блоков данного месторождения.

При наличии отчетливых автокорреляционных связей между значениями содержаний в смежных пробах в оценку коэффициента  $V$  желательно внести поправку за связь. Для этого коэффициент вариации рассчитывается по дисперсии случайной составляющей изменчивости содержаний.

Оценка коэффициента  $V$ , вычисленная по конкретным геолого-разведочным данным, характеризует не истинную, а наблюдаемую изменчивость содержаний в экспериментальном блоке. Поэтому использование величины  $V$  правомерно только для той же густоты разведочной сети, проб той же геометрии и в пределах равновеликих объемов недр. Поскольку перечисленные условия выполняются лишь приблизительно, то и оценка оптимального числа проб является примерной.

При использовании данных рядового опробования только для оценок средних содержаний полезных и вредных компонентов в заданных объемах недр для пробоотбора достаточно установить только два главных параметра: оптимальное число частных проб и их поперечные сечения. Если же данные опробования предназначены и для оконтуривания продуктивных залежей, то кроме

этого необходимо обосновать длины интервалов (секций), отбираемых по сквозным линейными пробам для их самостоятельного изучения, а при разведке системой продольных разрезов — оптимальные расстояния между смежными пробам.

## **§ 6. Отбор групповых проб**

Для сокращения объемов аналитических работ в некоторых случаях частные рядовые пробы объединяются в одну групповую (композиционную) пробу. Такое объединение проводится при производстве единичных анализов для определения полного химического состава полезных ископаемых, а также для массового определения содержаний сопутствующих полезных компонентов и вредных примесей.

Групповые пробы составляются после обработки рядовых проб из их навесок или дубликатов. Навески отбираются пропорционально длинам борозд или интервалов керновых проб, отобранных по разведочным пересечениям. Групповые пробы отбираются только из проб, расположенных в контурах промышленного оруденения раздельно по каждому природному типу и сорту полезного ископаемого. Чем больше рядовых проб объединяется в одну групповую пробу, тем меньше информативность данных опробования о закономерностях пространственной изменчивости сопутствующих полезных компонентов. В зависимости от ценности сопутствующего компонента каждая групповая проба может объединять навески проб по одному или нескольким смежным разведочным пересечениям, одному или нескольким разведочным разрезам.

## **§ 7. Ядерно-физические методы опробования**

Новые весьма эффективные способы опробования разрабатываются на основе ядерно-физических методов изучения состава и свойств полезных ископаемых. Этими методами определяется вещественный состав, плотность, влажность, пористость и другие важнейшие свойства полезных ископаемых и вмещающих пород.

Ядерно-физические методы опробования основаны на использовании естественных и искусственных радиоактивных элементов.

На изучении естественной радиоактивности основаны радиометрические методы опробования руд по интенсивности и спектральному составу гамма-излучения. Они являются основными методами опробования горных выработок и скважин при разведке урановых, ториевых месторождений и месторождений калийных солей. Методы изучения естественной радиоактивности исторически предшествовали появлению собственно ядерно-физических методов. Поэтому они разработаны более детально и хорошо освоены геолого-разведочной практикой в каротажном и подземном вариантах.

Методы, основанные на использовании искусственных источников ионизации, получили широкое развитие последние 10—15 лет. В настоящее время создано несколько десятков собственно ядерно-

физических методов изучения полезных ископаемых и горных пород, однако для опробования применяются пока что только некоторые из них [10]. Ядерно-физические методы опробования разделяются на две группы: гамма-методы, основанные на использовании искусственных источников гамма-излучения и регистрации наведенных гамма-полей, и нейтронные методы, регистрирующие поля нейтронов или связанные с ними гамма-излучения.

Опробование скважин осуществляется методами количественного ядерно-физического каротажа, а опробование стенок горных выработок — путем линейных измерений наведенных гамма- или нейтронных полей.

Большинство ядерно-физических методов обладает небольшой глубиной — от нескольких миллиметров до нескольких сантиметров. Для опробования полезных ископаемых это обстоятельство не является препятствием, поскольку при отборе линейных проб их поперечные сечения не оказывают существенного влияния на достоверность результатов. Однако перед замерами требуется обязательная очистка стенок разведочных выработок, а стенки скважин должны быть ровными, что устанавливается путем камерной метрии.

Для опробования в практике геологоразведочных работ в настоящее время широко используются шесть ядерно-физических методов:

1. Селективный гамма-гамма-метод (ГММ-С) — в каротажном и подземном вариантах — для опробования однокомпонентных месторождений железа, свинца, ртути, вольфрама, сурьмы и бария.

2. Рентгеноспектральный и рентгенорадиометрический методы (РСМ и РРМ) — в каротажном и подземном вариантах для определения содержания свинца, цинка, молибдена, сурьмы, ртути, бария, висмута и некоторых других элементов в рудах сложного состава.

3. Метод ядерного гамма-резонанса (ЯГР) — для опробования оловянных руд.

4. Спектрметрический нейтронный гамма-картаж (НГК-С) — для опробования на хлор, железо, хром, никель (на месторождениях силикатного никеля), марганец и серу.

5. Картаж наведенной активности (НАК) — для опробования месторождений меди, бокситов, марганца, флюорита и золота.

6. Гамма-нейтронный (фотонейтронный) метод (ГНМ) — в каротажном и подземном вариантах для опробования бериллиевых месторождений.

Выявлены благоприятные предпосылки и доказана практическая возможность использования нейтрон-нейтронного метода (ННМ) для количественного определения бора, редких земель, кадмия, ртути, лития, марганца и некоторых других элементов. Расширяются возможности и совершенствуется техника проведения перечисленных выше ядерно-физических методов.

Для повышения чувствительности методов и достоверности результатов опробования в геологоразведочной практике широко

практикуется комплексирование ядерно-физических методов. Основанные на различных физических эффектах различные виды ядерно-физических методов обеспечивают специфическую и независимую информацию, взаимно контролируют друг друга и позволяют получить такие сведения о рудах, которые не поддаются выявлению каждым методом в отдельности.

Так, например, при изучении алтайских полиметаллических месторождений опробование залежей проводилось комплексом методов спектрометрического грамма-гамма-каротажа (ГГК-С), нейтрон-нейтронного каротажа (ННК) и каротажа наведенной активности (НАК). По данным ГГК-С определялось содержание свинца, методом НАК — содержание меди, а методом ННК — содержание кадмия. По корреляции с кадмием рассчитывалось содержание цинка в рудах. Сочетание этих методов повышало эффективность каждого метода в отдельности, так как при этом взаимно уточнялись значения отдельных поправок. В частности, применение ННК позволило внести поправки на влажность и наличие нейтронопоглощающих элементов в результаты активационного каротажа.

На рис. 40 приводится пример комплексирования ядерно-физических методов при опробовании месторождения хромитов. Осно-

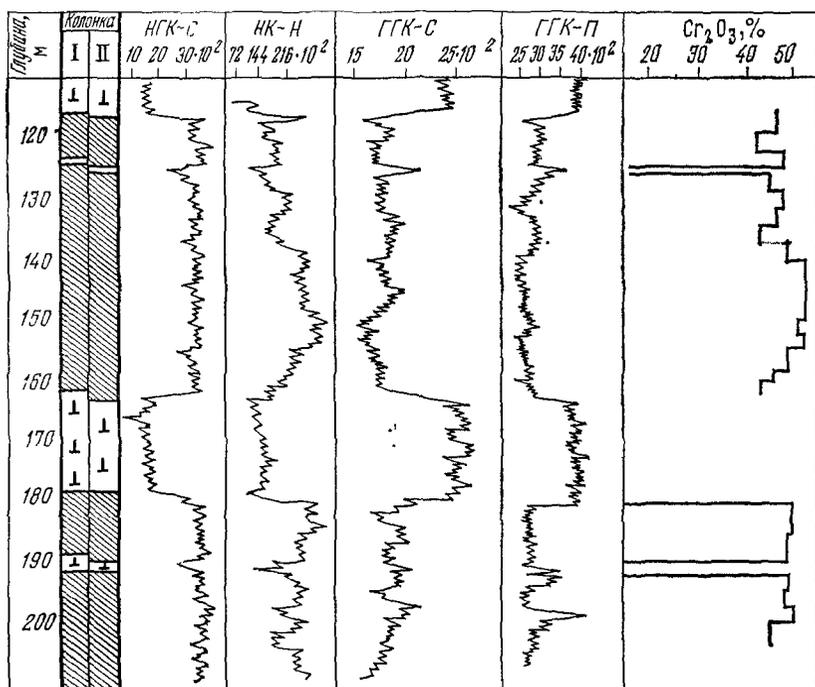


Рис. 40 Пример комплексирования ядерно-геофизических методов при опробовании и изучении хромитового месторождения (по В. Ф. Караниколо).

Римские цифры I — разрез скважины по керну; II — то же по данным каротажа. Заштрихованы рудные зоны

вой комплекса являются НГК-С и ГГК-С, по данным которых однозначно выявляется положение хромитовых руд в разрезе и оценивается содержание в них трехоксида хрома с точностью до 2—3 относительных процентов. ГГК-П обеспечивает информацию об объемных массах пород и руд, а по данным нейтронного каротажа по надтепловым нейтронам (НК-Н) выделяются сплошные и вкрапленные руды

При разведке бокситов комплексирование методов спектрометрического гамма-каротажа (ГК-С), каротажа наведенной активности (НАК), ГГК-С, ГГК-П и НК-Н позволяет оценить содержание глинозема, кремнезема и железа, объемную массу руд и их влажность

Применение ядерно-физических методов обеспечивает резкое повышение эффективности разведочных работ: повышает производительность опробования, сокращает трудоемкие затраты и способствует переходу к бескерновому бурению колонковых скважин. Кроме того, в отличие от механических способов пробоотбора у геологов появляется экономически оправданная возможность получить массовые данные о содержаниях полезных компонентов в пределах элементарно малых участков линейных проб длиной порядка 10—15 см. Эти данные позволяют изучить строение полезных ископаемых в масштабах забоев горных выработок, что необходимо для выбора наиболее эффективных систем и способов разработки месторождений.

Ядерно-физические методы представляют собой весьма эффективный и перспективный метод опробования полезных ископаемых в естественном залегании. С каждым годом эти методы совершенствуются, а их возможности расширяются, включая все более широкий набор химических элементов. В недалеком будущем они станут ведущими методами опробования большинства месторождений рудных и нерудных полезных ископаемых.

## § 8. Обработка проб

Необходимость в обработке отобранных проб возникает в связи с тем, что их массы во много раз превышают навески, необходимые для проведения анализов. Однако при сокращении объемов начальных проб не должно нарушаться условие представительности навесок относительно исходных масс. Оно заключается в том, что содержание компонентов в навесках должно соответствовать их содержаниям в начальных пробах, для чего материал пробы подвергается предварительному измельчению и перемешиванию. Поскольку наиболее трудоемким процессом является измельчение пробы, ее обработка проводится в несколько последовательных стадий, каждая из которых включает операции дробления, просеивания (грохочения), перемешивания и сокращения.

Чем мельче раздроблен перемешанный материал пробы и чем равномернее распределены в нем полезные минералы, тем легче сохранить представительность сокращенной части пробы относи-

тельно ее начальной массы. Поэтому масса сокращенной части пробы должна быть прямо пропорциональна размеру ее кусков (частиц) и степени неравномерности распределения полезного компонента в исходной массе пробы.

Для расчета оптимальной массы  $Q$ , до которой может быть сокращена данная проба, при условии, что погрешности ее сокра-

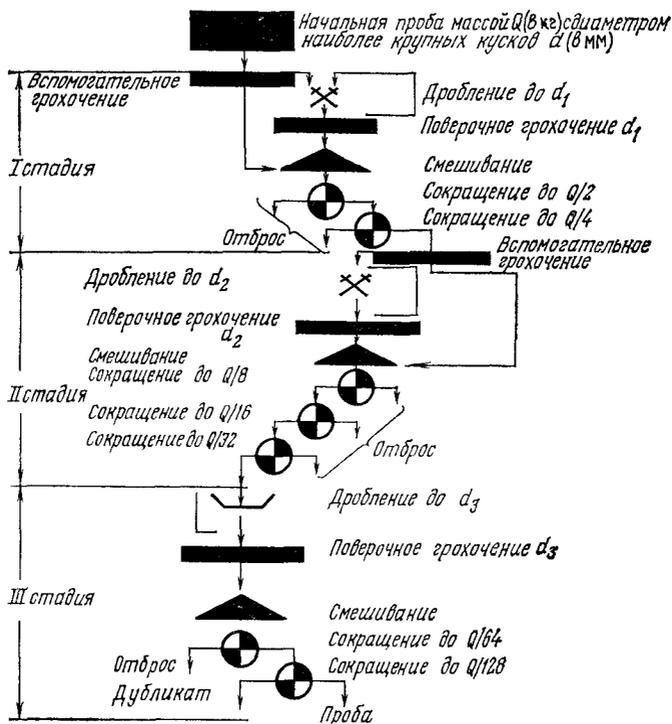


Рис 41 Схема обработки пробы, рассчитанной по формуле  $Q = kd^2$

щения не превысят заданных пределов, в практике геологоразведочных работ используется формула Ричардса-Чечотта

$$Q = kd^2,$$

в которой коэффициент  $k$  зависит от степени равномерности распределения полезных минералов в массе проб и принимается равным от 0,05 до 0,3—0,5

Схема обработки пробы с неравномерным распределением металла в руде, рассчитанная по приведенной формуле, при  $k=0,4$  показана на рис. 41. Для страховки от возможных погрешностей обработки проб при расчете надежных масс значения коэффициентов обычно несколько завышаются. Связанное с этим незначительное завышение надежных масс проб не оказывает заметного влия-

ния на экономическую эффективность процесса обработки при исходных массах проб менее 10 кг и общем числе проб, сопоставимом с производительностью проборазделочной мастерской.

В зависимости от крупности материала проб их подвергают дроблению (до 10 мм) или измельчению (от 10 до 0,1 мм и менее).

В условиях поисковых партий при небольших объемах опробовательских работ процессы дробления и измельчения проб иногда проводятся вручную, с помощью ступок различных размеров.

Механическое дробление проб до крупности частиц не более 10 мм производится с помощью лабораторных щековых дробилок, а измельчение дробленых проб — в лабораторных валиках, дисковых и вибрационных истирателях, стержневых и шаровых мельницах.

Лабораторные дробильные валики используются для измельчения материала пробы до нескольких миллиметров. Тонкое измельчение (истирание) материала пробы до сотых долей миллиметра производится в дисковых истирателях.

Более высокая производительность истирания проб обеспечивается применением вибрационных истирателей (типа 75 БДР-4), в которых одновременно истирается материал четырех проб массой до 50 г каждая. Для тонкого измельчения проб, обладающих значительной массой (порядка 1 кг и более), используются стержневые и шаровые мельницы.

Разделение измельчаемых проб на классы по крупности частиц называется просеиванием или грохочением. До начала дробления (измельчения) для отделения заведомо более мелких классов производится вспомогательное грохочение (просеивание). После дробления или измельчения для отбора и повторного измельчения крупных частиц, случайно прошедших через дробильные машины, проводится соответственно контрольное грохочение или просеивание. Разделение дробления проб на классы порядка больше и меньше 10 мм производится на ручных или механических лабораторных грохотах, а для разделения небольших масс измельченных проб с размерами частиц менее нескольких миллиметров используются комплекты круглых сит.

Отверстия сит отечественного производства указываются в долях миллиметра (или в микронах). В ситах американского стандарта размеры отверстий указываются в мешах — числах отверстий проволочной сетки, приходящихся на 25,4 мм, при толщине проволоки, равной диаметру отверстий. Для перевода числа меш в микроны приводится табл. 3.

Перед сокращением каждую пробу подвергают тщательному перемешиванию для обеспечения практически равномерного размещения в ней зерен и обломков полезных минералов. Наиболее простой, но весьма трудоемкий способ перемешивания проб значительных масс (десятки и сотни кг) — это их перелопачивание из одной кучи в другую. Более совершенным является неоднократное смешивание пробы способом «кольца и конуса». Пробы не-

Таблица 3. Соотношения размеров отверстий в ситах, выраженных в мешах, миллиметрах и микроах

Номер сита, меш	Размеры отверстий		Номер сита, меш	Размеры отверстий	
	мм	мкм		мч	мкм
6	3,3	3300	70	0,21	210
12	1,7	1700	100	0,15	150
20	0,85	850	140	0,105	105
30	0,60	600	200	0,074	74
40	0,42	420	270	0,053	53
50	0,30	300			

больших масс могут перемешиваться путем встряхивания на брезенте или на клеенке.

Сокращение перемешанных крупных (валовых) проб возможно кратным способом, когда каждая вторая, пятая или десятая лопата, бадья, вагонетка и т. д. поступает в пробу, а остальные — в отвал.

Рядовые пробы сокращаются способом квартования или с помощью желобковых делителей. По данным М. Н. Альбова и К. Л. Пожарицкого, погрешность сокращения желобковыми делителями значительно меньше, чем по способу квартования, где она может достигать 8—10 %. Для отбора навесок из материала тонкоизмельченных проб применяется способ «вычерпывания» микроскопических порций с помощью небольших савочков или ложечек.

Совершенствование техники обработки проб возможно путем создания конструкций и установок, обеспечивающих единый механический процесс их обработки без существенного применения ручного труда. Такая установка для обработки геологических проб (УОГП) была создана Всесоюзным институтом техники разведки (ВИТР), однако вследствие ряда конструктивных недостатков она не нашла еще широкого применения в практике геологоразведочных работ.

В процессе обработки проб могут возникать как случайные, так и систематические погрешности при определениях содержания полезных компонентов в навесках проб по сравнению с их содержаниями в исходных пробах. Для выяснения уровня случайных и предупреждения систематических погрешностей процесс обработки проб необходимо периодически контролировать.

Контроль процесса обработки проб возможен путем систематического опробования всех отходов, которые получают при сокращении пробы или экспериментальной обработке нескольких партий проб по схеме, составленной с заведомо завышенными значениями коэффициента  $k$  в формуле  $Q=kd^2$ . Первый способ предпочтительнее, так как только он гарантирует выявление возможных систематических погрешностей в связи с избирательным истиранием и потерями рудного материала.

## § 9. Анализы и испытания проб

Все отобранные пробы подвергаются анализам или специальным испытаниям. Виды анализов и методы испытаний проб зависят от их назначения, видов полезных ископаемых и областей их применения. Основная масса анализов приходится на рядовые и геохимические пробы. Качественные и приближенно количественные анализы обеспечивают получение данных об элементном составе полезных ископаемых, количественные анализы — об их содержаниях и количественных соотношениях, а фазовые анализы — о связях различных компонентов.

*Приближенно количественные (полуколичественные) спектральные анализы* широко используются на всех стадиях изучения месторождений вследствие высокой производительности и низкой себестоимости. Полуколичественные спектральные анализы являются основным методом экспрессных анализов геохимических проб, обеспечивают выявление в них одновременно полного комплекса элементов-индикаторов и их примерных содержаний. На ранних стадиях разведки с помощью спектральных анализов рядовых проб можно выявить полный набор наиболее вероятных полезных компонентов, что необходимо для своевременной организации исследований по комплексному изучению запасов минерального сырья в недрах. В связи с низкой точностью приближенно количественных анализов результаты определений группируют в несколько интервалов (обычно от 6 до 8), а содержания принимают по значению центров этих интервалов. Полуколичественные спектральные анализы проб должны предшествовать всем другим массовым анализам и испытаниям проб.

*Методы количественных анализов* проб используют для установления содержаний химических элементов химическими, спектральными, атомно-абсорбционными, пламенно-спектрофотометрическими, ядерно-физическими и рентгеноспектральными методами.

Химические анализы проводятся для оценки содержаний главных и сопутствующих полезных (и вредных) компонентов в полезных ископаемых и в отдельных полезных минералах, а также для определения валового химического состава полезных ископаемых. Достоверность химических анализов зависит от принятого метода анализа, содержаний исследуемых элементов и химического состава руд. Поэтому проведение предварительных спектральных анализов проб способствует повышению достоверности химических анализов. В настоящее время разработано более ста методов химических анализов, с помощью которых определяют 55 элементов, при содержаниях их в породах и рудах от 10<sup>-7</sup> % до десятков процентов.

Как правило, с увеличением содержаний анализируемых элементов в пробах абсолютные погрешности химических анализов возрастают, а их относительные погрешности уменьшаются. Методика химического анализа проб на тот или иной элемент должна быть заранее апробирована с учетом данных спектральных ана-

лизов, для того чтобы предельные погрешности выбранного метода не превысили бы средних погрешностей, установленных для данного полезного компонента научным советом по аналитическим методам (НСАМ) [26] и приведенных в инструкциях ГКЗ СССР.

Наиболее широким распространением пользуются весовые, объемные (титрометрические), фотометрические, флюориметрические, электрохимические (полярографические, потенциометрические), люминесцентные и некоторые другие методы химического анализа минерального сырья.

Преимуществом химических анализов является малая зависимость результатов от состава пробы. Они незаменимы при установлении состава стандартных образцов и используются как контрольные для физических методов анализа минерального сырья.

Количественные спектральные методы включают эмиссионный спектральный анализ, методы фотометрии и спектрометрии пламени.

Эмиссионный спектральный анализ позволяет определять содержания одновременно нескольких элементов в навесках порядка нескольких миллиграммов и обладает высоким порогом чувствительности определения ( $10^{-2}$ — $10^{-5}$  %). Им определяют малые концентрации редких и рассеянных, а также порообразующих элементов.

Методом эмиссионной фотометрии пламени определяют щелочные металлы, кальций и стронций при их содержаниях от 0,0001 до 10 %, а методом атомно-абсорбционной спектрометрии — содержания примерно 30 различных элементов, при их концентрациях не ниже  $10^{-4}$ — $10^{-3}$  %.

По условиям применения ядерно-физических анализов выделяются две группы методов. К первой группе относятся радиометрические, гамма-активационные и активационные методы на тепловых нейтронах, обладающие высокими порогами чувствительности, но требующие специализированного стационарного оборудования атомных реакторов, ускорителей заряженных частиц и т. п.

Радиометрическими методами определяются содержания радиоактивных элементов, гамма-активационными методами — содержания золота и серебра, а многоэлементными нейтронно-активационными методами — содержание элементов с порядковыми номерами выше 11.

Ко второй группе анализов — с портативным компактным оборудованием относятся рентгенорадиометрические, фотонейтронные и активационные методы с применением ампулированных источников облучения. Они характеризуются большой экспрессностью, но меньшими порогами чувствительности. Рентгенорадиометрические методы с порогами чувствительности  $10^{-1}$ — $10^{-3}$  % позволяют определять содержания всех элементов с номерами выше 13 (алюминий), а фотонейтронные методы используются для анализа проб на бериллий при его содержаниях не ниже  $1 \cdot 10^{-3}$  %.

Рентгеноспектральные методы анализа отличаются высокой производительностью, позволяют определять почти все химические элементы, обладают достаточно высокими (порогами чувствительности, а по точности не уступают химическим) анализам.

*Фазовые анализы* позволяют установить распределения элементов по минеральным формам, определить минералы в виде которых элементы входят в состав полезных ископаемых или продуктов их обогащения и оценить количество каждой фазы в пробе. Для целей фазового анализа железных, цинковых, свинцовых, медных, висмутовых, молибденовых, вольфрамовых и других руд и концентратов широко используются химические методы фазовых анализов. В настоящее время большое внимание уделяется развитию физических (рентгенографических и термографических) методов количественного фазового анализа с помощью дифрактометрии и ИК-спектроскопии.

В связи с возрастанием объемов аналитических работ и совершенствованием физических методов анализов минерального сырья химические анализы постоянно заменяются высокопроизводительными физическими методами.

В настоящее время официально утверждено применение физических методов при анализе минерального сырья на содержания бериллия, бора, марганца, железа, бария, стронция, ниобия, тантала, вольфрама, молибдена, олова, сурьмы, ртути, свинца, урана, тория и радия, золота, серебра, цезия, меди, цинка, алюминия и кремния. Специализированные рентгеноспектральные лаборатории и ядерно-физические лаборатории, оснащенные стационарными установками с импульсными ядерными реакторами или микротронами, обеспечивают высокие пороговые чувствительности анализов и точность не ниже  $\pm 20$  относительных процента. С развитием и внедрением физических методов анализа химические анализы проб будут применяться значительно реже, только для выполнения особо точных анализов, изготовления эталонов, стандартных образцов и для контрольных целей.

Согласно классификации, разработанной НСАМ, все методы анализов разделяются по степени их воспроизводимости на восемь категорий. В качестве меры воспроизводимости используется значение максимально допустимых среднеквадратичных отклонений результатов определений  $s_{\max}$  (с доверительной вероятностью 95 %). Значения  $s_{\max}$  установлены НСАМ применительно к каждому полезному компоненту в зависимости от его содержания в минеральном сырье [26]. Основной категорией анализов является III — анализ рядовых проб со среднеквадратичными отклонениями результатов  $s \leq s_{\max}$ . Н. В. Ивановым, Г. А. Коцем, С. Ф. Чернопятковым, И. В. Шманенковым предложены минералогические методы опробования полезных ископаемых относительно простого минерального состава, которые оцениваются по содержанию полезных минералов или в которых полезный компонент содержится в одном легко диагностируемом минерале. Сущность методов сводится

к зарисовкам или фотографированию рудных забоев (штуфов) с подсчетом площадей, приходящихся на полезные минералы.

Содержания полезных компонентов в руде, выраженные в весовых процентах, вычисляются до данных химического состава полезного минерала. Сходная методика количественной оценки содержаний полезных минералов в полированных шлифах предложена А. А. Глаголевым.

*Испытания проб* проводятся для установления инженерно-геологических свойств пород и руд в монолитах и в нарушенном состоянии, а также для оценки тех специфических свойств, которыми определяется назначение минерального сырья как полезного ископаемого. К числу таких испытаний относятся определение полируемости, морозостойкости, блоковости и других физико-механических показателей строительных материалов, качества, размеров и других специфических свойств полезных минералов, зольности и калорийности ископаемых углей и др. Требования промышленности к отдельным видам минерального сырья и воды соответствующих испытаний приводятся в инструкциях ГКЗ СССР по применению классификации запасов к месторождениям конкретных видов полезных ископаемых.

## **§ 10. Способы определения объемных масс и других физических свойств пород и руд**

Объемные массы относятся к одному кубическому метру породы или руды в их естественном залегании и выражаются в тоннах. Наиболее достоверно объемная масса устанавливается маркшейдерским способом — путем тщательного замера некоторого объема породы или полезного ископаемого с его последующей выемкой и взвешиванием. При таком способе определения объемной массы полностью учитывается влияние естественных пустот пор в объемах, сопоставимых с объемами селекции полезных ископаемых.

В породах и рудах, обладающих незначительной макропористостью, определение объемных масс проводится лабораторными методами путем взвешивания образца массой 100—200 г с последующим погружением его в сосуд с водой, для замера объема вытесненной воды. Отношением массы образца к объему вытесненной воды определяется его объемная масса. Для предупреждения погрешностей, связанных с проникновением воды в поровое пространство породы, образец предварительно покрывается тонким слоем парафина и повторно взвешивается для определения массы парафинового слоя. Среднее значение объемной массы породы или руды определяется по нескольким десяткам образцов.

Средние значения объемных масс могут быть оценены на месте залегания радиометрическими методами по ослаблению гамма-излучения от искусственного источника радиоактивности, измеренного в соседних шпурах, расположенных на расстояниях порядка

10—30 см друг от друга, или путем плотностного гамма-гамма каротажа скважин (шпуров).

Для определения влажности пород и руд пробы взвешиваются сперва в естественном, а затем в воздушно-сухом состоянии (в сушильных шкафах при температуре, не превышающей +110°C). Оценка влажности  $W$  (в %), производится по формуле

$$W = \frac{P_1 - P_2}{P_1} 100,$$

где  $P_1$  — масса пробы с естественной влажностью в г;  $P_2$  — масса воздушно-сухой пробы в г.

При разведке жидких и газообразных полезных ископаемых, а также если разработка твердых полезных ископаемых предполагается методами подземного выщелачивания (медь, уран) или газификации (уголь), производятся системагически лабораторные определения пористости, гранулометрического состава руд и вмещающих пород.

Определения горнотехнических свойств пород и руд (взрываемости, крепости, буримости, коэффициента разрыхления и др.) проводятся, как правило, в условиях их естественного залегания.

## § 11. Контроль процесса пробоотбора и качества анализов проб

Оценка качества механического способа отбора проб особенно необходима в тех случаях, когда различия в физико-механических свойствах полезных минералов, жильных минералов и вмещающих пород позволяют предполагать возможность избирательного выкрашивания (или истирания) материала пробы.

Контроль механических способов отбора проб в горных выработках осуществляется другим, технически более совершенным способом. Так, например, для контроля качества отбора бороздовых проб отбираются сопряженные с ними контрольные бороздовые пробы большего поперечного сечения. Однако проверить качество пробоотбора по результатам анализа контрольной и контролируемой проб, строго говоря, нельзя, так как обе они представляют разные объемы недр. Содержания полезного компонента по сопряженным пробам будут расходиться тем больше, чем выше природная изменчивость оруденения, меньше длина и больше различия в поперечных сечениях борозд. Еще заметнее расхождение проявится при сравнении результатов анализов бороздовых и сопряженных с ними валовых проб. Поэтому результаты контроля обычно оцениваются не сравнением содержаний по парам проб, а сравнением средних содержаний, вычисленных по достаточно большому числу контрольных и контролируемых проб. Это число зависит от степени неравномерности оруденения, но во всех случаях должно быть не менее 40—50 проб.

Контроль пробоотбора при бурении скважин возможен путем последующей проходки и опробования сопряженных с ними горных

выработок. Однако применение этого способа целесообразно только для неглубоких поверхностных или горизонтальных и вертикальных подземных скважин. При бурении глубоких разведочных скважин проходка сопряженных с ними горных выработок экономически нецелесообразна. Проверка результатов их опробования возможна только при вскрытии участков буровой разведки системами разведочных горных выработок.

Контроль качества геофизических (радиометрических и ядерно-геофизических) методов опробования возможен путем повторных измерений. В отличие от механических способов пробоотбора контрольное повторное измерение теоретически должно совпадать с контролируемым. На практике результаты обоих измерений несколько расходятся, отражая уровень технических погрешностей аппаратуры. Однако повторное геофизическое измерение не может выявить систематические погрешности опробования, связанные с недостатками применяемого метода. С этой целью 10—20 % пересечений, опробованных геофизическими методами, контролируется отбором бороздовых или валовых проб. В этих случаях расхождения результатов анализов по парам сопряженных проб проявляются еще резче, но при отсутствии систематических погрешностей пробоотбора средние содержания по достаточно большому количеству пар практически совпадают.

Контроль анализов проб проводится для суждения о качестве работы лаборатории, выполняющей те или иные анализы проб, и для оценки степени надежности аналитических данных по содержаниям полезных и вредных компонентов в пробах. Различают два вида контрольных анализов: внутренний и внешний. Внутренний контроль выполняется в той же лаборатории, в которой производятся массовые анализы проб. Для этого в лабораторию повторно в зашифрованном виде направляются дубликаты некоторых проб, изготовленные из материала последних отбросов каждой пробы, в том числе все пробы с аномально высокими содержаниями полезных компонентов. Внутренний контроль проводится систематически в течение всего периода разведки месторождения (поквартально или раз в полугодие).

Контрольные пробы отбираются группами, отдельно по каждому природному (технологическому) типу минерального сырья, а также по классам содержаний полезных компонентов (например, ниже бортового содержания, убогие, бедные, рядовые и богатые). Для каждого периода контроля количество проб в каждом классе должно быть не менее 25—30, а общее количество проб — не менее 5—8 % от всего числа проанализированных проб.

Внутренним контролем устанавливаются только средние значения случайных погрешностей анализов, которые оцениваются по величинам относительных среднеквадратичных расхождений контрольных и контролируемых анализов. Для каждого элемента в зависимости от его среднего содержания в полезном ископаемом и вида анализа НСАМ и инструкциями ГКЗ СССР установлены предельно допустимые значения.

Для своевременного выявления и устранения возможных систематических ошибок в работе основной лаборатории проводится внешний контроль анализов. Внешний контроль проводится в других, как правило, технически более совершенных лабораториях. Пробы, прошедшие внутренний контроль, разделяются по типам минерального сырья и по классам содержаний не реже двух раз в год отправляются на внешний контроль. Число контрольных проб в каждой группе должно быть не менее 25—30, а всего — не менее 3—5 % от общего количества проанализированных проб. При наличии стандартных образцов состава (СОС), аналогичных исследуемым пробам, внешний контроль следует осуществлять, включая их в зашифрованном виде в партию проб, которые сдаются на анализ в основную лабораторию. Оценка систематических расхождений по результатам анализов СОС выполняется в соответствии с методическими указаниями НСАМ по статистической обработке аналитических данных.

По результатам внешнего контроля систематическая погрешность в работе лаборатории должна практически отсутствовать. Поэтому никаких предельных значений для нее не устанавливается.

Вычисление средних оценок систематических погрешностей производится в простейшем случае путем отдельного суммирования всех единичных расхождений с положительными и отрицательными знаками. Среднеарифметические значения систематической погрешности вычисляются по их алгебраической сумме и кроме цифровой оценки характеризуются знаком отклонения.

Внешним контролем проверяется не только качество работ основной лаборатории, но и правомерность выбранного метода анализа. При обнаружении систематических погрешностей контролирующая лаборатория должна также выявить причины их возникновения. Если эти причины остаются невыясненными, то возникает необходимость проведения арбитражных анализов. Арбитражные анализы выполняются лабораториями союзного или республиканского значения, специализированными по производству анализов данного вида минерального сырья.

#### Контрольные вопросы

1. Перечислите основные способы отбора проб в горных выработках. Охарактеризуйте преимущества и недостатки линейных, объемных и точечных проб.
2. Перечислите способы отбора проб в скважинах колонкового бурения.
3. С чем связаны погрешности пробоотбора в колонковых скважинах и какие меры способствуют их снижению?
4. Перечислите способы отбора проб в скважинах бескернового бурения.
5. Какими факторами определяется выбор способа отбора проб и каковы важнейшие параметры пробоотбора? От чего зависит выбор геометрии проб, расстояний между ними и числа проб на оцениваемый объем недр?
6. Какие требования предъявляются к отбору групповых проб?
7. Перечислите важнейшие ядерно-физические методы опробования горных выработок и скважин с характеристикой их возможностей и эффективности.

8. Для чего практикуется комплексирование ядерно-физических методов опробования? Приведите примеры эффективных комплексов ядерно-физических методов опробования.

9. В чем состоят основные преимущества ядерно-физических методов опробования и каковы перспективы их развития?

10. Для чего производится обработка проб? Как составляется схема обработки проб?

11. Охарактеризуйте технические возможности важнейшего оборудования, необходимого для обработки проб.

12. Каким образом проводится контроль процесса обработки проб?

13. Каким видам анализов минерального сырья подвергаются отобранные пробы? В чем заключаются принципиальные различия между качественными (приближенно количественными), количественными и фазовыми анализами?

14. Охарактеризуйте виды, возможности и условия применения приближенно количественных анализов.

15. Охарактеризуйте виды, возможности и условия применения количественных химических, спектральных, ядерно-физических, фотоспектрометрических и рентгеноспектральных анализов.

16. Охарактеризуйте виды, возможности и условия применения фазовых и минералогических анализов.

17. Каким видам испытаний подвергаются отобранные пробы?

18. Перечислите способы определения объемных масс, влажности и других физических свойств пород и руд.

19. Как производится контроль процесса опробования для выявления случайных и систематических погрешностей пробоотбора?

20. Как производится контроль анализов проб для выявления их случайных и систематических погрешностей? Каковы задачи и условия проведения внутренних, внешних и арбитражных контрольных анализов?

## Глава 9.

### **ИЗУЧЕНИЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ В ПРОЦЕССЕ РАЗВЕДОЧНЫХ РАБОТ**

Основные затраты на разведку месторождений связаны с проведением горных выработок и скважин. Эти затраты оправдаются только в тех случаях, если в результате всестороннего изучения разведочных горных выработок и скважин будет получена полноценная информация о месторождении как об объекте будущего промышленного освоения. С этой целью все пройденные горные выработки и пробуренные скважины подвергаются комплексному геологическому, геофизическому и минералого-геохимическому изучению для выяснения особенностей геологического строения участка, количества и качества запасов полезного ископаемого, технологических свойств минерального сырья и горно-геологических условий эксплуатации месторождения.

Результаты наблюдений в горных выработках и скважинах фиксируются в виде зарисовок, фотографий, описаний, замеров различных свойств, сопровождаются отбором и исследованием образцов и проб полезного ископаемого и вмещающих пород. Совокупность операций по созданию первичных документов, отражающих результаты наблюдений, обычно называют геологической документацией горных выработок и скважин.

Первичные документы имеют исключительно важное значение

как основа для создания геологической модели месторождения и как единственный архивный материал, сохраняющийся после его разведки. Законодательством СССР о недрах особо предусматривается ответственность предприятий и организаций, осуществляющих геологическое изучение недр, за сохранность геологической и исполнительно-технической документации, образцов горных пород и руд, керна, дубликатов проб полезных ископаемых, которые могут быть использованы при дальнейшем изучении недр, разведке и разработке полезных ископаемых.

В процессе разведки выполняется комплекс топогеодезических и маркшейдерских работ, геологических, геофизических, минералого-геохимических наблюдений, по совокупности которых составляются отчет о результатах разведочных работ, графические модели-разрезы, карты, проекты, блок-диаграммы, объемно-макетные модели и производится геолого-экономическая оценка месторождений.

## **§ 1. Топогеодезические и маркшейдерские работы**

С помощью топогеодезических и маркшейдерских работ создается графическая основа для составления крупномасштабных геологических карт, геологоразведочных разрезов и планов.

Топографические и маркшейдерские съемки выполняются в единой системе координат, для чего на территории месторождения и рудного поля создается триангуляционная сеть местного значения. Между местными триангуляционными пунктами прокладывается система полигонометрических и нивелирных ходов, точки которых образуют опорную съемочную сеть, а на площади месторождения проводятся теодолитные, тахеометрические, мензульные или стереофотограмметрические съемки, по данным которых составляются топографические планы поверхности в масштабах от 1 : 10 000 до 1 : 500. Линии разведочных профилей, устья разведочных выработок и скважин привязываются с помощью теодолитных ходов и геометрического нивелирования.

Маркшейдерские работы включают ориентирно соединительные съемки, подземную теодолитную и вертикальную съемки, съемку подробностей в горных выработках, расчет координат забоев и разведочных пересечений скважин. На основании перечисленных съемок и расчетов составляются маркшейдерские планы масштаба 1 : 1000 и 1 : 500, которые служат основой для всех видов подземного геологического картирования и геометризации недр.

Точные топографические и маркшейдерские планы, выполненные в единой системе координат, необходимы для надежной увязки геологоразведочных данных, составления разрезов, погоризонтных планов и других сводных документов, характеризующих геологическое строение и горно-геологические условия эксплуатации месторождения.

## § 2. Геологическое изучение горных разведочных выработок и скважин

Геологическому изучению подвергаются все пройденные горные выработки и пробуренные скважины. Для оперативного направления геологоразведочных работ необходимо, чтобы геологическая документация проводилась непосредственно вслед за проходкой разведочных выработок и бурением скважин.

К качеству первичных геологических документов предъявляются высокие требования. Они должны отличаться тщательностью выполнения, точно, объективно и с максимальной полнотой отражать наблюдаемые факты. Поэтому геологическую документацию следует поручать высококвалифицированным геологам, систематически изучающим данное месторождение. В период разведки месторождения качество первичной геологической документации периодически проверяется специальными ведомственными комиссиями путем сличения ее с натурой. Результаты проверок достоверности геологической документации оформляются специальными актами.

Первостепенными объектами геологической документации являются тела полезных ископаемых и вмещающие их породы. При изучении тел полезных ископаемых документируются: условия их залегания, морфологические черты, внутреннее строение, характер контактов с вмещающими породами. Детально изучаются текстуры, минеральный состав, зональность тел полезных ископаемых и окологорудные изменения вмещающих пород. Особое внимание уделяется выявлению пространственных связей тел и обогащенных участков полезных ископаемых с геолого-структурными элементами: трещинами, складками, элементами прототектоники, породами определенного петрографического или литологического составов. На месторождениях осадочного происхождения особо детально изучается литологический состав и характер слоистости пород, их цвет, физическое состояние, проявления метаморфизма и выветривания. Породы, обладающие слоистыми текстурами, разделяются на слои и пачки с индексацией каждого слоя, а толщи неслоистых пород — на разновидности по литологическим и фаціальным признакам.

На месторождениях гидротермального происхождения особо тщательно описываются образования различных стадий, их пространственные взаимоотношения, зональность, связи полезной минерализации с изменениями вмещающих пород и элементами тектоники. Особо выделяются крупные послеминерализационные нарушения, по которым наблюдаются смещения отдельных участков тел полезных ископаемых.

Массовой геологической документации подлежат все пройденные на месторождении горные выработки и скважины. Специализированная геологическая документация применяется при изучении отдельных, принципиально важных вопросов геологического строения, решение которых необходимо для правильного пони-

мания условия формирования или закономерностей пространственного размещения полезного ископаемого.

При геологической документации разведочных выработок производится зарисовка их стенок, кровли или забоев в масштабах, обеспечивающих отчетливое графическое изображение отдельных текстурных разновидностей полезного ископаемого и деталей геологического строения документируемого участка. Наиболее распространенными масштабами массовой подземной геологической документации являются масштабы 1 : 25 и 1 : 50.

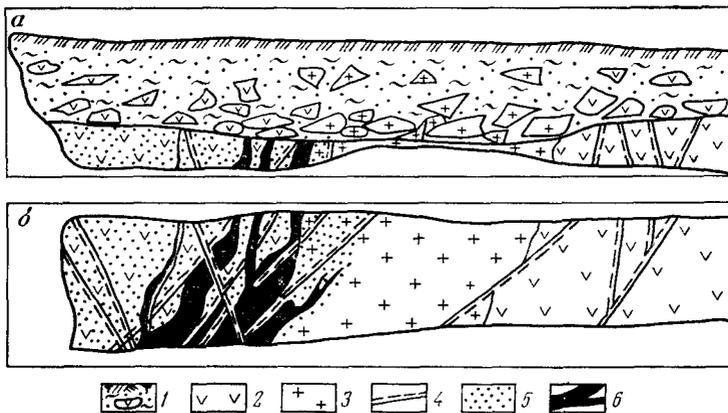


Рис. 42. Геологическая документация стенки (а) и дна (б) канавы.

1 — рыхлые отложения, 2 — андезито-дациты; 3 — гранит-порфиры; 4 — тектонические трещины, 5 — окварцевание 6 — рудные жилы

В разведочных канавах зарисовываются дно канавы и одна стенка (рис. 42), в шурфах — две противоположные стенки, реже все четыре стенки и забой. При документации квершлаггов, ортов, гезенков и восстающих зарисовывается одна, реже обе стенки. Документация штреков проводится по кровле, а при пологих залеганиях жил — по стенкам. Часто документации подвергаются и забой штреков. В участках, где можно наблюдать взаимоотношения гидротермальных продуктов различных стадий минерализации, характерные текстуры полезных ископаемых, особенности строения их контактов, взаимоотношения с магматическими породами различного возраста или другие детали геологического строения, существенные для понимания условий формирования полезного ископаемого, зарисовки выполняются в более крупных масштабах (1 : 10, 1 : 5), вплоть до зарисовок в натуральную величину.

Для повышения качества геологической документации в практике геологоразведочных работ широко используются фотогеологические методы с последующим геологическим дешифрированием фотоснимков.

Фотосъемка хорошо вымытых поверхностей горных выработок производится с соблюдением требований, обеспечивающих получе-

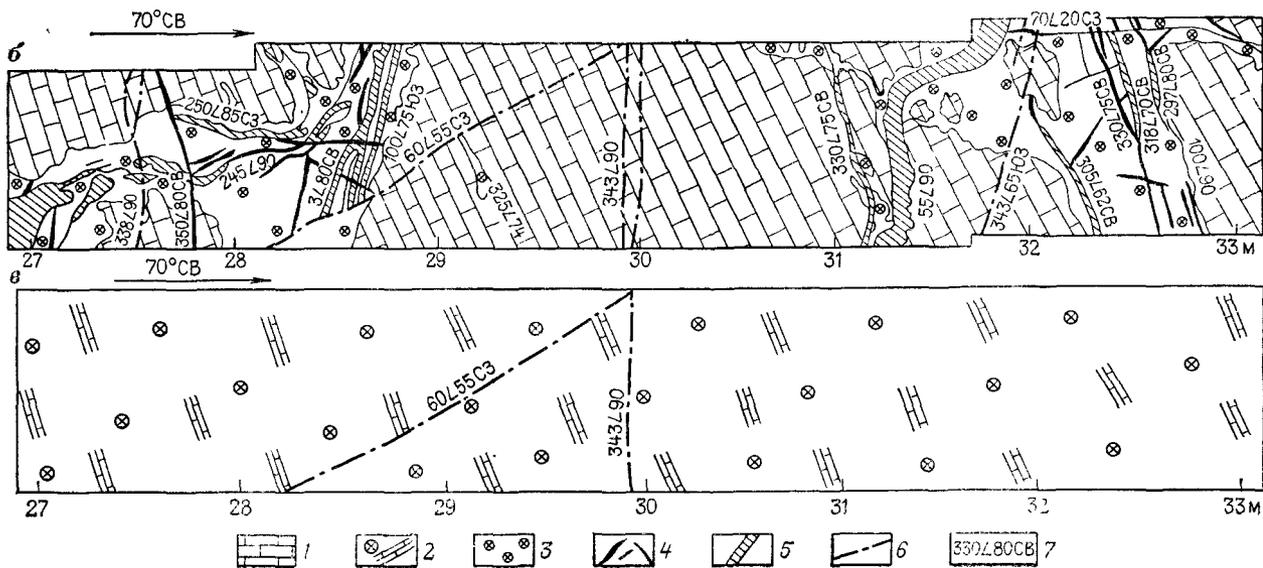
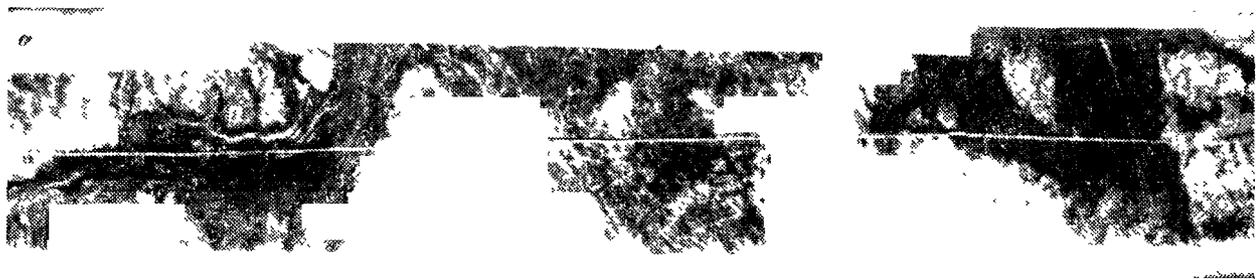
ние масштабных снимков. По совокупности контактных отпечатков составляются фотосхемы, по которым производится дешифрирование и составляется фотограмметрическая геологическая основа документируемого участка горной выработки. Создание фотограмметрической основы не исключает необходимость непосредственного визуального наблюдения документируемых поверхностей, поскольку далеко не все особенности состава и строения полезных ископаемых и вмещающих их пород находят изображения на фотоснимках.

Минеральный состав полезного ископаемого и вмещающих пород, характер их околорудных и фациальных изменений, структурные взаимоотношения агрегатов полезной минерализации и вмещающих пород, характер выполнения тектонических трещин и многие другие особенности строения и состава изучаемых объектов могут быть выявлены только путем непосредственных наблюдений. Без тщательных дополнительных исследований визуальные наблюдения в масштабе фотоснимка могут привести к неверным заключениям. Так, например, визуально наблюдаемые отчетливые пересечения жильных образований дайками магматических пород могут быть приняты за доказательство послерудного возраста даек, в то время как дегайными макро- и микроскопическими исследованиями шгуфов и шлифов часто выявляются тонкие рудные просечки и признаки гидротермального изменения дайковых пород, указывающих на экранирующую роль даек.

Применение фотограмметрической основы освобождает геологов от трудоемкого процесса зарисовок с натуры и обеспечивает получение высококачественных, предельно детальных и объективных графических изображений документируемых поверхностей. При использовании дешифрированных фотоснимков как графической основы для совершенствования и корректирования результатов наблюдений непосредственно в горных выработках фотогеологические методы обеспечивают резкое улучшение детальности и качества первичных геологических документов.

На рис. 43 приведен фрагмент фотодокументации горной выработки скарнового молибден-вольфрамового месторождения, дающий представление о степени повышения детальности и достоверности геологической документации в результате дешифрирования фотограмметрической основы. Методы фотодокументации имеют большие перспективы для дальнейшего совершенствования по пути применения цветных и спектрзональных съемок, а также в направлении механизации и автоматизации отдельных операций фотогеологических работ.

Описание результатов геологических наблюдений как необходимое дополнение к зарисовке сопровождает каждый участок зарисовки или фотогеологической документации. Оно должно содержать только те сведения, которые не удастся отобразить графическим способом (структурные особенности полезных ископаемых и вмещающих пород, их минеральный состав, форма и рас-



положение минеральных скоплений, борозд или зеркал скольжения, выполнение трещинных структур, цвета вмещающих пород и т. д.).

При бурении колонковых скважин изучение геологического строения производится по керну, а при бескерновом бурении — по буровой грязи или по шламу. Кроме того, используются сведения об изменении скоростей бурения на отдельных интервалах; фиксируются случаи провалов бурового снаряда и другие нарушения нормального режима бурения, способствующие выявлению зон тектонически ослабленных пород, карстовых полостей или участков пород различных по физико-механическим свойствам.

При документации колонковых скважин керн тщательно изучают, зарисовывают и фотографируют. Для обеспечения сохранности и последовательности расположения отдельных плашек керн извлекают из колонковой трубы с помощью специальных керноприемников.

Главное значение при изучении керна имеет его описание. Когда непосредственно в керне удается наблюдать текстурные особенности полезного ископаемого, взаимоотношения прожилков различного состава, контакты различных пород или какие-либо другие факты, существенные для понимания особенностей строения или генезиса месторождения, он зарисовывается или фотографируется.

Длина пробуренного интервала скважин за очередной рейс сравнивается с длиной керна, извлеченного из скважины на тот же рейс, и по расхождению замеров вычисляется линейный выход керна.

Отобранный керн в порядке поступления укладывается в специальные ящики и направляется в кернохранилище. По результатам геологической документации составляется колонка пересеченных скважиной пород. В зависимости от глубины скважины и сложности геологического разреза масштаб построения колонки выбирается от 1 : 100 до 1 : 500. При составлении колонки фактические наблюдения по керну обобщаются, корректируются по записям в буровом журнале по данным каротажных геофизических работ и распространяются на весь перебуренный интервал без пропусков за неполный выход керна. Геологическая колонка служит основой для составления паспорта скважины.

В паспорте отображается конструкция скважины, указываются ее номер и координаты, границы каждого рейса и соответствующие им линейные выходы керна, показываются результаты инклинометрических замеров, каротажных работ, интервалы отбора

---

*Рис. 43.* Фрагмент фотодокументации стенки орта в сканированных мраморах (а) с результатами его дешифрирования (б) и образец визуальной геологической документации (в) (масштаб 1 : 25 по С. А. Свириденко).

1 — мрамор массивный; 2 — мрамор сканированный; 3 — сканн гранат-пироксеновый и сканнорные жилы в мраморе; 4 — кварцевые прожилки мощностью до 2 см; 5 — то же мощностью более 2 см; 6 — тектонические трещины; 7 — элементы залегания тектонических трещин и жил

различных видов проб и результаты их анализов. Каждая разновидность полезного ископаемого и вмещающих пород сопровождается геологическим описанием с указанием их контактов, глубин залегания и стволых мощностей.

При документации скважин, как и при геологическом изучении горных выработок, отбираются образцы полезных ископаемых и вмещающих пород для более детального изучения их состава и для пополнения эталонной коллекции.

Документация скважин бескернового бурения обеспечивает данные только для суждения о составе полезных ископаемых и вмещающих пород. Поэтому качество записей в буровых журналах о режиме бурения и результатах каротажных исследований приобретает при их изучении важное значение.

### **§ 3. Геофизические исследования в горных выработках и скважинах**

Геофизические методы исследования широко используются при разведке месторождений не только как средства, для изучения дополнительных разрезов и опробования полезных ископаемых, но и как вспомогательные методы для:

— выявления рудовмещающих структур, а иногда и залежей полезных ископаемых в процессе крупномасштабного геологического картирования рудных полей и месторождений;

— повышения качества геологической документации разведочных выработок и скважин в процесс их геологического картирования;

— получения дополнительных гидрогеологических и инженерно-геологических сведений.

*Геолого-геофизическая документация горных выработок* имеет очень большое значение. Сплошное геофизическое картирование горных выработок в процессе их геологической документации, как правило, не производится. Только при разведке некоторых видов минерального сырья параллельно с геологической документацией горных выработок в них систематически проводятся геофизические наблюдения. Так, например, при разведке месторождений радиоактивных руд геологическая документация горных выработок сопровождается проведением гамма-съемок а при изучении зон окисления урановых месторождений, битуминозных пород, месторождений шеелита и алмазов для документации горных выработок используются люминесцентные методы.

*Геофизические методы документации скважин* играют ведущую роль при их геологическом изучении. Помимо геологической документации разрез каждой разведочной скважины изучается с помощью комплекса каротажных работ. Каротаж скважин проводится для литологического расчленения разреза, уточнения мощностей и положения контактов отдельных разновидностей пород, определения их плотности, пористости, радиоактивности, водообильности, магнитных и других физических свойств. По резуль-

татам комплексных каротажных работ существенно корректируются геологическая колонка скважин и литологические разрезы слоистых толщ, определяются опорные и продуктивные горизонты, коррелируются данные по смежным скважинам. Кроме того, методы скважинной геофизики применяются при гидрогеологических и инженерно-геологических исследованиях. Наиболее широко распространены электрические, ядерно-физические и магнитные методы каротажа. Из методов электрического каротажа наибольшее распространение получили методы, основанные: на изучении потенциалов естественной поляризации пород — метод самопроизвольной поляризации (ПС); на изучении удельных электрических сопротивлений пород — метод кажущихся сопротивлений (КС); на изучении потенциалов вызванной поляризации пород — метод вызванной поляризации (ВП).

С помощью гамма-каротажа (ГК) возможно выявление уранового оруденения, залежей калийных солей, фосфоритов, титановых и цирконовых россыпей, а спектрометрический гамма-каротаж (ГК-С) с использованием сцинтилляционных радиометров позволяет провести литологическое расчленение и корреляцию геологических разрезов скважин.

Плотностной гамма-каротаж (ГГК-С) применяется для расчленения пород по плотности и пористости. С его помощью в разрезе скважины выделяются прослой плотных известняков и рыхлых песчаников, сланцы эффузивных пород, прослой углей, брекчированные зоны дробления и другие геологические образования, заметно различающиеся по плотности или пористости.

Различными видами нейтронного каротажа (НК-Н, НК-Т, НГК-С и др.) выделяются водообильные, нефтеносные и газоносные горизонты, породы с повышенными концентрациями бора, хлора и серы. Положительными аномалиями отмечаются плотные известняки, доломиты, многие изверженные и метаморфические породы.

Магнитный каротаж (МК) используется для выявления железосодержащих пород или изменения вертикальной составляющей магнитного поля. По магнитограммам можно судить о положении и мощности слоев, содержащих ферромагнитные минералы и пласты, заметно различающиеся по магнитной восприимчивости (известняки, кварциты, зоны сульфидной вкрапленности).

При геологической документации разведочных скважин на колчедан, нефть и газ используются также методы термического и акустического каротажа.

Наилучшее решение геологических задач при документации разведочных скважин обеспечивается по данным комплексных геофизических исследований. Рациональный комплекс методов каротажа определяется задачами разведки и геолого-геофизическими свойствами конкретных разрезов скважин. Чаще всего комплексируются различные методы электрического и ядерно-физического каротажа. Так, например, при разведках железных руд

с помощью спектрометрического нейтронного гамма-каротажа (НГК-С) выявляются рудные тела, содержащие общее железо до 30—35 %, селективным гамма-гамма-каротажем (ГГК-С) оцениваются примерные содержания общего железа в диапазоне его концентраций, а плотностным гамма-гамма-каротажем (ГГК-П) определяется объемная плотность пород и руд. С привлечением данных магнитного каротажа (МК) возможно получение сведений о содержании магнитного и немагнитного железа. На месторождениях серных руд комплекс, состоящий из НГК-С, ГГК-П, НК-Т и ГК, обеспечивает оценку содержания серы, плотностей пород и руд, выделение закарстованных и трещинных зон, глинистых разностей серных руд и определение степени глинизации карбонатов. Комплексирование методов ядерно-физического каротажа с межскважинным акустическим прозвучиванием способствует не только выявлению рудных тел, но и прослеживанию их контуров в межскважинном пространстве.

Геофизические методы, предназначенные для контроля технического состояния скважин, включают в себя инклинометрию и кавернометрию. С помощью инклинометрии и скважин определяются углы отклонения оси скважины от вертикали (зенитное искривление) и от плоскости разведочного разреза (азимутальное искривление). Измерения зенитных углов производятся во всех скважинах глубиной более 100 м, а измерения азимутальных углов — при глубинах скважин более 200 м. Искривления замеряются минимум через каждые 25—30 м по мере углубления скважины. Своевременное производство замеров обеспечивает контроль за положением забоя скважины и позволяет вовремя принимать меры для исправления резких отклонений ее оси от проектного положения.

Углы и азимуты искривления скважин измеряются с помощью электрических инклинометров или фотоинклинометров. Для измерения зенитных углов в современных электрических инклинометрах используется отвес, а для измерения азимутальных углов — буссоль. Величины сопротивлений, пропорциональные азимутам и углам наклона, с помощью реохордов и топосъемных колец измеряются и фиксируются на пульте управления. Фотоинклинометры позволяют фотографировать на пленку положение буссоли и указателя наклона.

В скважинах, пробуренных в породах с повышенной магнитной восприимчивостью, измерения проводятся гироскопическими инклинометрами. Точность замера зенитных искривлений  $\pm(0,5—1^\circ)$ , а азимутальных — около  $\pm(3—4^\circ)$ . Результаты измерений зенитных и азимутальных углов учитываются при построении геологических разрезов и при вычислении истинных мощностей тел полезных ископаемых.

Кавернометрия проводится для определения фактических диаметров скважин. Изменение диаметров скважин связано с обрушением их стенок на участках неустойчивых пород (пески, тектонические зоны и др.). Данные кавернометрии используются при

изучении технического состояния скважины и для расчета поправок в интерпретацию каротажных данных.

#### **§ 4. Минералого-геохимические исследования в разведочных выработках и скважинах**

Минералого-геохимическому изучению подвергаются пройденные разведочные горные выработки и скважины, а также образцы и пробы, отобранные из них в процессе геологической документации.

При разведке сложных постмагматических месторождений особенно важно обеспечить комплексное изучение минерального и элементного состава руд путем специального минералогического и геохимического картирования горных выработок и скважин с последующей геометризацией выявленных минералого-геохимических особенностей полезного ископаемого. С этой целью весь разведочный объем недр тщательно изучается с отбором серий образцов и проб по густой и регулярной сети. Отобранные образцы и пробы подвергаются детальному минералогическому и минералого-петрографическому изучению.

В задачи минералогического картирования входят:

— изучение минерального состава полезного ископаемого и выявление полного комплекса полезных минералов и компонентов. Помимо основного полезного компонента, минеральной формы его нахождения, полезных и вредных элементов-примесей в основном рудном минерале должны быть установлены все сопутствующие компоненты, минеральные формы их нахождения, полезные и вредные элементы-примеси в сопутствующих минералах, а также все полезные нерудные, жильные и сопутствующие минералы;

— изучение пространственного размещения основных и сопутствующих полезных минералов и выделение природных типов полезного ископаемого, различающихся по составу, текстурно-структурным и другим типоморфным особенностям минералов;

— изучение минерального состава, типоморфных особенностей минералов и зональности околорудных метасоматитов, а также минералогической зональности полезного ископаемого для разработки критериев различия «рудных» и «безрудных» метасоматитов, оценок глубин денудационного среза месторождений и прогнозирования слепого оруднения.

По данным минералогического картирования составляются минералого-петрографические карты, карты пространственного размещения отдельных рудных минералов и метасоматитов.

Значение закономерностей пространственного размещения минеральных ассоциаций различных этапов и стадий процесса минералообразования позволяет прогнозировать изменения качества минерального сырья на флангах и на глубоких горизонтах вскрытых тел полезных ископаемых, а знание зональности метасоматитов обеспечивает уверенную увязку рудных интервалов и способствует выявлению слепых залежей полезных ископаемых.

По всем разведочным горным выработкам и скважинам проводится также комплекс геохимических исследований по данным их сплошного геохимического опробования.

Отбор геохимических проб обычно производится способом пунтирной борозды, путем отбойки мелких кусочков размером 3—4 см на расстояниях от 0,5 до 2 м друг от друга. Отобранные кусочки с интервалом длиной от 2 до 10 м объединяются в одну пробу 150—200 г. Однако лучше отбирать сплошные малогабаритные бороздовые пробы длиной от 2 до 5 м, что способствует получению более стабильных данных.

Отобранные пробы подвергаются приближенно-количественному спектральному анализу на полный комплекс главных и сопутствующих полезных компонентов. По результатам анализов проб отстраиваются линии изоконцентраций главных и сопутствующих полезных компонентов. Этими изолиниями очерчиваются эндогенные ореолы рассеяния полезных компонентов вокруг промышленно-ценных участков залежей, которые могут рассматриваться как внешние зоны единых геохимических полей, определяющих общие масштабы полезной минерализации.

Использование данных геохимического опробования для оценки и прогнозирования перспектив выявления новых участков полезных ископаемых основано на том, что:

- минеральный и химический состав эндогенных ореолов аналогичен составу промышленно-ценных участков залежей полезных ископаемых;

- размеры ореолов зависят от концентрации соответствующих элементов в телах полезных ископаемых, от условий их залегания и от физико-химических особенностей вмещающих пород;

- в строении ореолов устанавливаются элементы вертикальной и горизонтальной зональности. Часть элементов концентрируется преимущественно на нижних горизонтах развития промышленно-ценных залежей, в то время как другая их часть обнаруживает отчетливую тенденцию к накоплению в верхних горизонтах месторождений.

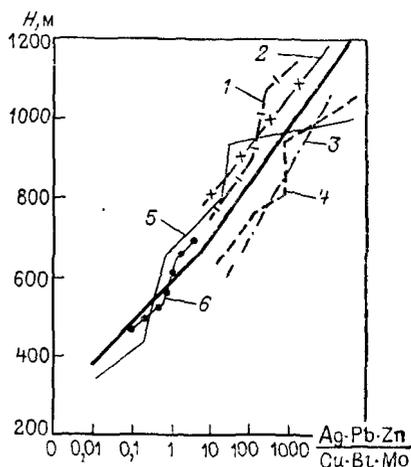
## **§ 5. Использование геохимических данных для поисков слепых рудных тел и оценки рудоносности глубоких горизонтов**

Данные о зональности ореолов используются для оценки нижних горизонтов, увязки соседних разведочных сечений и направления дальнейших разведочных работ. Различают три основных типа зональности: осевую, продольную и поперечную. Наиболее важное значение в практическом отношении имеет осевая зональность первичных ореолов рудных залежей. Она проявляется в направлении движения рудоносных растворов и в случаях крутого падения залежей совпадает с вертикальной зональностью. Продольная зональность отражает зональное строение ореолов по их простирацию, а поперечная — вкрест их простираания.

Обычно под термином зональность первичных ореолов подразумевается их осевая (вертикальная) зональность. Установлено [5], что вокруг рудных тел и зон эндогенных месторождений, различных по составу и условиям формирования, образуются ореолы элементов-индикаторов и спутников оруденения, — весьма сходные по их осевой зональности. В обобщенном ряду зональности: Ba—Sb—As<sup>1</sup>—Hg—Cu<sup>1</sup>—Cd—Ag—Pb—Zn—Au — Cu<sup>2</sup> — W<sup>1</sup>—Bi—Ni—Co—Mo—U—Sn—As<sup>2</sup>—Be—W<sup>2</sup> такие элементы, как барий, серебро и частично свинец, образуют широкие и контрастные ореолы

Рис 44. Совмещенные графики изменения величины мультипликативного коэффициента зональности первичных ореолов оловорудных месторождений Приморья с глубиной (по Э. С Кравченко).

Месторождения 1 — Верхнее, 2 — Верхне-Кендухинское, 3 — Хрустальное, 4 — Арсеньевское, 5 — Комсомольское, 6 — Перевальное. Жирной сплошной линией изображен усредненный график изменения величины коэффициента зональности



только в верхних частях месторождений, а книзу они резко выклиниваются. В отличие от них ореолы меди, висмута, кобальта, молибдена, олова и вольфрама развиваются только в нижних частях разрезов. Наиболее контрастными надрудными элементами ореолов являются барий и серебро, а подрудными — кобальт, висмут и вольфрам.

Для оценки вероятной глубины эрозионного среза разведываемого месторождения производится сравнительное изучение данных геохимического опробования, выявляются особенности зонального строения ореолов на различных его горизонтах и устанавливаются наиболее контрастные элементы-индикаторы и спутники оруденения. С учетом полученных данных для каждого горизонта рассчитываются мультипликативные коэффициенты зональности (как отношения мультипликативных продуктивностей надрудных и подрудных элементов) и строятся графики их изменения с глубиной. Из приведенных на рис. 44 совмещенных графиков изменения этого показателя с глубиной видно, что по его значению можно с большой достоверностью судить о вероятной глубине эрозионного среза месторождения. Для оценки эрозионного среза не отдельного рудного тела, а рудной зоны или всего месторождения, первичные данные геохимического опробования необходимо предварительно сгладить

скользящим окном, сопоставимым по размерам с размерами либо рудной зоны, либо всего месторождения, с последующим расчетом мультипликативных продуктивностей по сглаженным ореолам.

Поперечная зональность первичных ореолов может быть эффективно использована для прогнозирования состава руд на глубину. В рядах поперечной зональности (вкрест простирания рудных тел) элементы располагаются в порядке убывания линейных продуктивностей, развитых на уровне верхних частей рудных тел. В отличие от осевой зональности поперечная зональность специфична для каждого месторождения.

Продольная зональность выражается в закономерном изменении параметров ореолов по простиранию рудных зон и тел, в зависимости от углов их склонения. Чем ближе склонения рудных зон или тел, тем протяженнее ореолы и больше значение мультипликативных коэффициентов зональности.

По результатам изучения первичных геохимических ореолов рудные скопления часто удается отличать от зон рассеянной минерализации. По данным [5], в качестве основных критериев их браковки могут быть использованы:

— отсутствие в зонах рассеянной минерализации контрастной осевой и поперечной зональности элементов-индикаторов, а также низкие значения их среднеаномальных содержаний;

— широкий круг элементов-индикаторов на любом срезе зон рассеянной минерализации, низкие значения величин коэффициентов геохимической зональности и узкие интервалы их вариаций.

## **§ 6. Изучение каменного материала и составление коллекций**

Отбор образцов руд и вмещающих пород в процессе документации разведочных горных выработок и скважин преследует две основные цели: составление эталонных коллекций и оперативное изучение каменного материала.

Эталонные коллекции типичных видов полезных ископаемых (по природным типам, минеральным ассоциациям и текстурным особенностям) и вмещающих пород (раздельно неизменных и измененных) должны создаваться в каждой разведочной партии, храниться в общедоступном месте и систематически пополняться. К каждому образцу эталонной коллекции прилагаются прозрачный, а если необходимо, то и полированный шлифы, которые в совокупности составляют шлифотеку. Эталонная коллекция является каменным приложением к легендам геологических разрезов и карт. Она способствует единообразию диагностики и описания горных пород и полезных ископаемых всеми техническими исполнителями.

Оперативное изучение каменного материала производится систематически на протяжении всего процесса разведки и обработки разведочных данных. Из отображенных образцов изготавливаются прозрачные и полированные шлифы, отбирается материал для специальных исследований и анализов. В начале разведочных работ

количество таких образцов бывает довольно большим, а по мере изученности месторождения оно постепенно сокращается:

Все отбираемые образцы снабжаются этикетками, нумеруются и подписываются, а места их отбора показываются на зарисовках.

При камеральном изучении каменного материала решаются две важнейшие задачи:

— выясняются минералого-геохимические особенности руд, уточняется последовательность процессов минералообразования и условия формирования месторождения;

— изучается минеральный и химический состав полезного ископаемого и вмещающих пород, их структурно-текстурные особенности и другие свойства, определяющие выбор наиболее рациональных методов технологии переработки минерального сырья.

Комплексный метод изучения состава и структурно-текстурных особенностей минерального сырья оформился в настоящее время в самостоятельный раздел «технологической минералогии», который ставит своей целью разработку научных основ, способствующих повышению эффективности технологического передела минерального сырья и комплексности его использования, вплоть до создания «безотвальных» технологических схем. В задачи технологической минералогии входит также составление балансов распределения рудных элементов по минеральным составляющим, изучение гранулометрического состава руд, степени вскрываемости зерен и технологических свойств полезных минералов в зависимости от их состава, структуры и форм вхождения в них рудных элементов.

Решение обеих задач осуществляется на основе макро- и микроскопического изучения штуфов, прозрачных и полированных шлифов, протолочек и мономинеральных фракций с применением специальных методов исследования минералогических, спектральных, рентгеноскопических, рентгеноструктурных, термических, химических и микрохимических анализов, электронно-микроскопических исследований, инфракрасной спектрометрии, исследований с помощью рентгеновских микроанализаторов и других современных методов.

## **§ 7. Гидрогеологическое изучение горно-разведочных выработок и скважин**

Для изучения гидрогеологических условий разведываемых месторождений в горно-разведочных выработках и скважинах проводится комплекс специальных наблюдений.

В процессе бурения разведочных скважин замеряются уровни подземных вод и их температура, отмечаются случаи самоизливания вод, поглощения промывочной жидкости, выхода газов из скважин, провала бурового инструмента, изменения степени трещиноватости пород по стволу скважины. При проходке пльвунов проводятся наблюдения за подъемом «пробок», т. е. масс водоносных песков, заполняющих нижние части скважин после удаления буро-

вого снаряда. Высота «пробки» позволяет судить о степени плавучности песка и о величине гидростатического напора.

По данным электрокаротажных работ методами ПС и КС оцениваются пористость, проницаемость и водоносность пород. Для определения направления и скорости движения подземных вод по одиночным скважинам используется метод заряженного тела (МЗТ) в гидрогеологическом варианте.

Места притоков подземных вод в скважину устанавливаются с помощью резистивиметрии или термометрии. Кроме того, резистивиметрия применяется для изучения скоростей фильтрации подземных вод, путем периодических замеров удельного сопротивления искусственно засолоненной воды в скважине. Термический каротаж находит широкое применение при криологических исследованиях, в частности, для установления границ многолетней мерзлоты.

Нейтронный гамма-каротаж (НГК) и нейтрон-нейтронный каротаж (ННК) позволяют расчленить геологические разрезы по их водообильности и оценить пористость водоносных (и нефтеносных) пород.

На месторождениях, неблагоприятных по гидрогеологическим условиям, проводится специализированный комплекс работ, включающий бурение кустов гидрогеологических скважин для проведения полевых опытно-фильтрационных работ, изучения режима и баланса подземных вод. Полевые опытно-фильтрационные работы включают в себя откачки, опытные нагнетания и наливы воды в скважины для определения общих и удельных дебитов, величин понижения уровней, расчета коэффициента фильтрации, выявления размеров и темпов роста депрессионных воронок, связей между отдельными водоносными горизонтами, а также гидравлических связей подземных вод с поверхностными водотоками и водоемами.

Для получения предварительных данных выполняются пробные откачки, результаты которых в дальнейшем уточняются одиночными опытными откачками. В особо сложных гидрогеологических условиях проводятся опытные кустовые откачки.

В условиях, затрудняющих организацию откачек (при глубоком залегании подземных вод, слабой водоотдаче и сложности обеспечения ощутимых понижений уровней подземных вод), для решения тех же задач проводятся опытные нагнетания и наливы вод в скважины.

В процессе геологической документации разведочных горных выработок ведутся систематические гидрогеологические наблюдения за всеми водопроявлениями, фиксируются выходы трещинных вод, определяются их дебиты, химический и газовый состав, температура, связь с породами различного литологического состава, трещинными структурами и тектоническими нарушениями. По производительности водоотливного насоса, скорости наполнения водосборника или по замерам скоростей движения воды в водоотводном кювете периодически определяется суммарная величина притока подземных вод в горные выработки. При проходке горных выработок фиксируются все случаи прорыва подземных вод и появ-

ления плывунов, изменения цвета и состава вод, пучения, оползания и обрушения вмещающих пород. По коррозии рельсов, бетонных сооружений и спецодежды устанавливается степень агрессивности вод.

## **§ 8. Изучение технологических свойств минерального сырья**

Технические свойства полезных ископаемых предопределяются их химическим и минеральным составом, структурными и текстурными особенностями, составом вмещающих пород, гранулометрическими характеристиками зерен полезных жильных и породообразующих минералов, количеством полезных компонентов и вредных примесей и особенностями их распределения по минеральным составляющим. Поэтому технологическим испытаниям руд обогатительными, химическими и металлургическими методами предшествует их детальное минералого-геохимическое изучение.

Технологические свойства полезных ископаемых предопределяются их природными типами и разновидностями, которые устанавливаются в процессе геологической документации, минералого-геохимического изучения и опробования разведочных пересечений. Оценка же технологических свойств будущего минерального сырья проводится по технологическим типам руд, каждый из которых добывается отдельно, обогащается и перерабатывается по различным технологическим схемам. Внутри технологических типов часто выделяются технологические сорта руд, которые перерабатываются по одинаковым технологическим схемам, но различаются по технико-экономическим показателям.

Для изучения технологических свойств полезных ископаемых в процессе разведки месторождений отбираются специальные технологические пробы, испытания которых позволяют:

— выявить принципиальную возможность и экономическую целесообразность промышленного использования полезного ископаемого;

— установить технологические типы и сорта минерального сырья;

— выбрать метод, наиболее рациональную схему и технологический режим переработки полезного ископаемого каждого технологического типа;

— установить технико-экономические показатели переработки минерального сырья для целей геолого-экономической оценки месторождения.

Характер технологических испытаний проб и методика их проведения весьма разнообразны. Они зависят от вида полезного ископаемого, его природных свойств, направления использования минерального сырья и стадии геологоразведочных работ.

В зависимости от оцениваемых объемов рудоносных недр различают: малые технологические, минералого-технологические, типовые (сортовые) и композитные технологические пробы, предна-

значенные соответственно для микротехнологических, лабораторных, укрупненно-лабораторных, полупромышленных или промышленных испытаний.

Малые технологические пробы характеризуют определенные природные типы (реже разновидности) руд по отдельным разведочным пересечениям. Они состояются, как групповые, из остатков от сокращения рядовых проб для проведения массовых микротехнологических исследований в малогабаритных обогатительных лабораториях (МОЛМ). Эти лаборатории позволяют производить измельчение, классификацию по крупности, гравитационное, флотационное и электрическое обогащение проб весом до нескольких килограммов. С использованием МОЛМ появляется возможность накопления массовой информации для оценки пространственной изменчивости технологических свойств минерального сырья, которая в дальнейшем используется при составлении планов и разрезов обогатимости полезного ископаемого. Массы малых технологических проб варьируют от долей до нескольких десятков килограммов, а их числа измеряются сотнями.

Минералоготехнологические пробы представляют природные типы (значительно реже разновидности) руд по отдельным рудным блокам или замерам. Как правило, они состояются из большого числа рядовых проб или отбираются специально. На материале минералоготехнологических проб производятся лабораторные технологические испытания для выбора метода и качественной схемы переработки минерального сырья. Массы технологических проб достигают первых сотен килограммов, а их числа — первых десятков.

Типовые (сортовые) технологические пробы представляют уже не природные, а технологические типы или сорта руд по отдельным залежам, зонам или участкам месторождения. Они отбираются специально в процессе детальных разведочных работ для проведения укрупненно-лабораторных или полупромышленных испытаний, имеющих своей целью выбор оптимальных режимов обогащения и переработки минерального сырья, а также установление их технико-экономических показателей. Массы типовых проб достигают тонн, а их числа измеряются единицами.

Композитные технологические пробы характеризуют руды определенного типа в целом по месторождению (или по его эксплуатационному участку). Обычно они включают материал нескольких технологических сортов в заданных пропорциях и предназначаются для полупромышленных или промышленных испытаний, которыми корректируются технологические режимы переработки минерального сырья и уточняются их технико-экономические показатели. Массы композитных проб достигают сотен тонн (в зависимости от суточной производительности фабрики), а их число не превышает одной или нескольких единиц.

На ранних стадиях изучения месторождений, по данным малообъемного технологического опробования, обеспечивается предварительная информация о вещественном составе, физико-механи-

ческих свойствах и обогатимости руд. В совокупности с минералого-технологическими пробами эта информация используется для технологического картирования месторождений, имеющего своей целью: выявление технологической неоднородности и пространственной изменчивости технологических свойств полезных ископаемых и оконтуривание технологических типов и сортов руд на технологических картах, планах и разрезах (рис. 45). Применение малообъемного технологического опробования и картирования особенно целесообразно при разведке месторождений комплексных

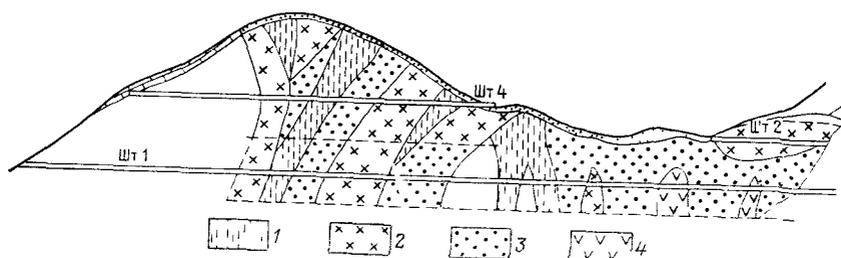


Рис. 45. Технологический разрез оловянно-вольфрамового месторождения [18]. 1—4 — извлечение олова, % (при содержании олова в концентрате 2,5 %). 1 — 90; 2 — 80—90; 3 — 70—80; 4 — 70

руд сложного состава с низкими содержаниями многих ценных полезных компонентов, которые значительно легче обнаруживаются в продуктах обогащения малых проб, чем по анализам рядовых и групповых проб.

Для эффективного проведения технологического картирования решающее значение имеют условия, обеспечивающие достоверность и правильный подбор числа малых технологических проб, а также сопоставимость технико-экономических показателей по малым и большим пробам. Действующие инструкции Министерства геологии и Министерства цветных металлов СССР составлены, в основном, для оценок технологических свойств руд черных, цветных и редких металлов, обладающих равномерным, неравномерным и весьма неравномерным характером распределения полезных компонентов. Для случаев крайне неравномерного их распределения необходимы специальные обоснования оптимальных масс и числа малых технологических проб.

Общая последовательность работ по технологической оценке разведанных запасов полезных ископаемых включает в себя:

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

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

— разработку стандартных схем технологической оценки малых проб для различных типов руд по навескам, отквартованным от материала минералого-технологических проб;

— отбор малых технологических проб и их технологическую оценку по стандартным схемам;

— статистическую обработку результатов исследований малых проб, выделение и оконтуривание типов и сортов руд на технологических планах и разрезах;

— отбор типовых технологических проб для укрупненных лабораторных и полупромышленных испытаний;

— проверку разработанных технологических схем в процессе промышленных испытаний композитных технологических проб.

## **§ 9. Изучение горно-геологических условий эксплуатации месторождений**

Горно-геологическими условиями эксплуатации определяются:

— способ вскрытия месторождения, системы его разработки и продуктивность эксплуатационных работ;

— уровень возможных потерь и разубоживания полезного ископаемого при его добыче;

— инженерно-геологические условия разработки месторождения;

— природные факторы, осложняющие проведение горнодобычных работ.

Изучение горно-геологических условий включает в себя оценку продуктивности месторождения (степени сосредоточения запасов в исследуемом объеме недр), условий залегания и морфологических особенностей промышленно-ценных скоплений полезного ископаемого (размеров, форм, углов падения, характера контактов с вмещающими породами), их внутреннего строения (анизотропии строения, степени и характера прерывистости), а также всех остальных факторов, определяющих условия проведения горнодобычных работ.

Горно-геологические условия эксплуатации месторождений изучаются параллельно с проведением разведочных выработок и скважин. Оценка условий залегания, размеров, морфологических особенностей и строения залежей полезных ископаемых как горно-геологических факторов не требует организации специальных исследований, так как может быть выполнена по сводным геологическим разрезам и планам. Для выявления инженерно-геологических условий месторождения и физико-механических свойств пород и руд, а также изучения особо неблагоприятных условий, осложняющих проведение горных работ, необходима организация специальных наблюдений.

Инженерно-геологические наблюдения проводятся как в разведочных скважинах, так и в горных выработках. В скважинах, пробуренных по слабосцементированным и несцементированным породам, отмечаются их текстурные признаки, зернистость, конси-

стенция, включения, признаки уплотнения. С помощью грунтоносов отбираются образцы (монолиты) на определение влажности, пористости, гранулометрического состава, фильтрационных свойств, углов естественного откоса, влагоемкости, водоотдачи и других физико-механических свойств.

При документации керна скальных пород отмечают их твердость и крепость, сланцеватость, слоистость, трещиноватость, густота и ориентировка трещин относительно оси керна, наличие заркастованных участков и др.

В отбираемых образцах определяют упругие и пластические свойства, удельные и объемные массы, влажность, морозоустойчивость и др.

В условиях многолетней мерзлоты по скважинам проводится комплекс криологических наблюдений. Для лабораторных исследований отбираются образцы мерзлых и немерзлых пород, по которым определяется их суммарная влажность, льдистость, плотность и объемные массы, величины относительного сжатия при переходе от мерзлого состояния в талое. Прочность пород исследуется как по мерзлым, так и по оттаявшим образцам.

Инженерно-геологические наблюдения в горных выработках включают в себя изучение трещиноватости горных пород, для чего производятся массовые замеры элементов залегания трещин, подсчеты количества трещин на единицу объема пород, выявляется генезис трещин, описывается строение брекчированных и катаклазированных зон. Экспериментально определяются коэффициенты разрыхления, буримость, кусковатость и устойчивость пород и руд.

При проведении разведочных работ в новых районах должны быть выполнены необходимые геологические исследования по выявлению и оценке запасов местных строительных материалов и водных ресурсов для питьевого и технического водоснабжения будущего горного предприятия.

В задачу инженерно-геологических исследований входит также выявление заведомо безрудных участков и площадок для выбора мест заложения горно-капитальных выработок, размещения отвалов, установления границ зон обнаружения, а также для проектирования объектов промышленного и гражданского строительства.

## **§ 10. Обобщение первичных материалов и составление сводных документов**

Первичные документы, отражающие результаты геологического, геофизического, минерало-геохимического, гидрогеологического и инженерно-геологического изучения разведочных скважин и выработок подвергаются дальнейшей камеральной обработке и обобщению. Сведения, полученные по разведочным пересечениям, увязываются между собой, а на их основе составляются сводные документы: геологические карты, разрезы, проекции, погоризонтные планы, планы и разрезы опробования с контурами продуктивных

залежей полезных ископаемых, горно-геометрические графики, блок-диаграммы и объемно-макетные модели.

В процессе увязки и обобщения первичных наблюдений непрерывно корректируются представления о геологическом строении месторождения, условиях локализации тел полезных ископаемых, их форме, составе и внутреннем строении. По мере накопления фактических данных геологу приходится многократно возвращаться к анализу первичной документации разведочных выработок и скважин, выявлять новые связи и пересматривать ранее сложившиеся представления, приводя их в соответствие со всей совокупностью наблюдаемых фактов. Повышению качества и достоверности сводных документов способствует рациональная систематизация первичных сведений, обеспечивающая возможность их оперативного пересмотра. Для этого целесообразно выносить все первичные наблюдения по каждому разведочному пересечению на перфокарты. Совокупность перфокарт объединяется в перфокартотеку, которая представляет собой простейшую информационно-поисковую систему, обеспечивает упорядоченное хранение, быстрый поиск, подбор и группировку задокументированных разведочных пересечений, экономит время при обработке исходных фактических данных и способствует более глубокому их анализу и обобщению. При создании перфокартотеки предварительно составляется «кодовая карта», т. е. устанавливается порядок размещения всей информации в пределах поля карты (рис. 46). Для записи каждого признака отводится строго ограниченный участок поля (участок перфорации). Запись и поиск информации производится с помощью компостера, селекторного ящика и набора металлических спиц. Более совершенные информационно-поисковые системы создаются путем записи исходной информации на магнитных дисках или лентах.

Сводные документы создаются в единой системе координат на инструментальной топографической и маркшейдерской основе с единой легендой для всех участков разведываемого месторождения в красочном и штриховом вариантах.

Масштабы сводных геологических документов могут изменяться от 1:25 000 до 1:100, в зависимости от их содержания, вида полезного ископаемого, сложности строения и масштабов разведываемых объектов. Так, например, геологические карты и разрезы рудных полей составляются в масштабах 1:5 000 — 1:10 000, а геологические карты рудных месторождений или их участков — в масштабах 1:500—1:2 000. Погоризонтные планы и геологические разрезы, характеризующие строение отдельных рудных тел, выполняются в масштабах 1:200—1:1000. Сводные документы, отражающие результаты разведки нефтяных и угольных месторождений, крупных железорудных бассейнов или месторождений минеральных солей, составляются в более мелких масштабах, а сводные документы по разведке месторождений драгоценных камней или пьезооптического сырья — в более крупных.

Единицы		Десяти		Сотни		Тысячи		Десяти тысячи		Сотни тысяч		Миллионы		Сотни миллионов							
1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6						
7	4	2	1	гудное тело				3 Тип выработки	4 Ориентировка выработки	5 Глубина выработки	6 Расстояние от устья										
<b>П Р И В Я З Н А</b>																					
13 Мощность рудного тела		7 Минеральный состав рудных пород				8 Текстура рудного тела						9 Составные минералы в агрегатах (% взаимного содержания)									
		а) основные				б) второстепенные				в) редкие											
		1) Текстуры минеральных агрегатов																			
		2)																			
		3)																			
		4)																			
		5)																			
14 Азимут падения		19 Характеристика вмещающих пород														20 Вмещающие породы					
15 Угол падения		21 Окислительные изменения														22 Тип окислительных изменений, и степень изменений пород					
16 Характер контактов рудного тела		23 Выполнение нарушений														24 Состав дзек, элементы залегания и мощность					
17 Характер нарушения рудного тела		25 Состав апофиз и сущих жил, мощность														26 Катанлаз и милонитизация					
18 Амплитуда смещения рудного тела																27 Юпитерные лезвиевые ориентировки					
19 Апофизы и сущие жилы, их элементы залегания																28 Содержание					
20 Номер пробы по рудному телу		29 Au				30 Ag				31 Юпитерные лезвиевые ориентировки											
		10 Десяти				11 Сотни				12 Тысячи				13 Десяти тысяч				14 Сотни тысяч			
		1				2				3				4				5			
		6				7				8				9				0			

Рис 46 Кодовая перфокарта для геологической документации золоторудного месторождения (по В П Мошкину)

В зависимости от принятой системы разведочных работ выделяются главные и вспомогательные разрезы. При разведке месторождения системой штреков и ортов главный разведочный разрез совпадает с плоскостью горизонта, а при разведке гезенками или поверхностными буровыми скважинами главным сечением является вертикальный поперечный разрез. Продольный разрез является главным только при разведке маломощных жильных тел.

В плоскости главного разведочного разреза производится оконтуривание залежей и определяются основные геологоразведочные

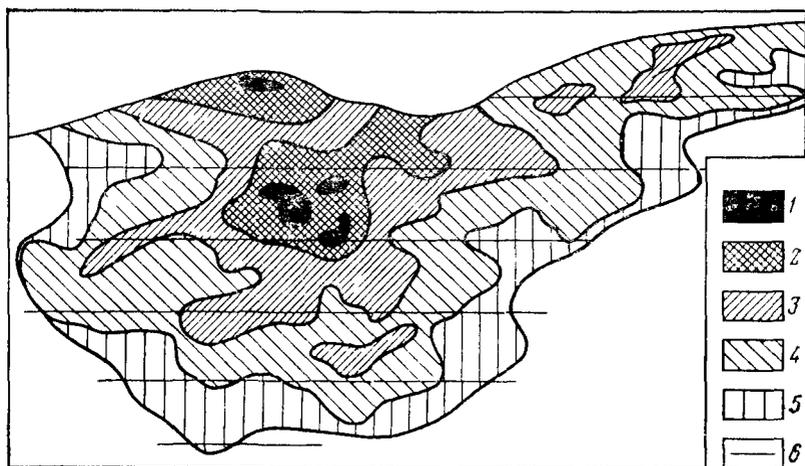


Рис. 47. Изолинии линейных запасов флюоритовой залежи (проекция на вертикальную плоскость).

1 — более 1500 м %; 2 — от 1000 до 1500; 3 — от 500 до 1000; 4 — от 100 до 500; 5 — от 10 до 100 м %; 6 — горизонты горных работ

параметры, необходимые для подсчета запасов. Поэтому составление сводных документов целесообразно начинать с составления главных разведочных разрезов, контролируя и увязывая их со вспомогательными разрезами, которые составляются по двум взаимортогональным направлениям.

Планы и разрезы опробования составляются в масштабах 1:200—1:500. На них наносятся все разведочные выработки и скважины, обозначаются места отбора проб и указываются результаты их анализов. На планах опробования с учетом комплекса кондиционных требований проводится оконтуривание залежей полезных ископаемых, для чего на них наносятся важнейшие элементы геологического строения, определяющие закономерности локализации продуктивных залежей.

Для иллюстрации особенностей пространственного размещения важнейших свойств полезных ископаемых при обобщении материалов широко используются приемы геометризации недр с помощью изолиний. Наиболее распространенными горно-геометрическими до-

кументами являются графики изолиний мощностей, содержаний или линейных запасов полезных ископаемых, планы отметок почвы или кровли продуктивных залежей, планы поверхностей тектонических нарушений, массивов интрузивных пород или других рудо-контролирующих элементов геологического строения (рис. 47).

В качестве сводных документов используются блок-диаграммы, дающие наглядное пространственное представление о геологическом строении месторождения или его участка, или объемно-макетные модели. Объемно-макетные модели, выполненные из прозрачных материалов, имеют не только иллюстративное, но и познавательное значение, особенно если месторождение состоит из совокупностей многих пространственно разобщенных залежей полезных ископаемых, условия локализации которых определяются влиянием общих рудоконтролирующих структур.

### Контрольные вопросы

1. Перечислите важнейшие виды топогеодезических и маркшейдерских работ, охарактеризуйте их цели и задачи.
2. В чем заключается геологическая документация разведочных горных выработок и скважин? Перечислите первостепенные объекты геологического изучения и документации.
3. Дайте сравнительную характеристику достоинств и недостатков визуальных зарисовок и фотодокументов разведочных горных выработок.
4. В чем заключаются геофизические исследования в разведочных горных выработках и скважинах? Какие задачи решаются с помощью комплексного каротажа разведочных скважин?
5. Перечислите задачи, решению которых способствуют минералогические и геохимические исследования разведочных горных выработок и скважин.
6. Охарактеризуйте важнейшие виды геохимической зональности эндогенных геохимических ореолов и возможности их практического использования для решения геологоразведочных задач.
7. С какими целями производится систематический отбор образцов руд и вмещающих пород при проведении разведочных работ?
8. Перечислите комплекс важнейших гидрогеологических наблюдений в разведочных скважинах и горных выработках и их целевые назначения.
9. Для чего отбирают малые технологические, минералого-технологические типовые (сортовые) и композитивные технологические пробы? Какие из них подвергаются микротехнологическим, лабораторным, укрупненно-лабораторным, полупромышленным и промышленным технологическим испытаниям?
10. Каково назначение и содержание работ по технологическому картированию горных выработок?
11. Для чего проводится изучение горно-геологических условий эксплуатации месторождений? Перечислите основные виды исследований по их изучению.
12. Охарактеризуйте основные виды сводных геологоразведочных документов и их целевые назначения.

## МЕТОДИКА ПОДСЧЕТА ЗАПАСОВ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

### § 1. Практические способы подсчета запасов и условия их применения

В литературе описано более 20 способов подсчета запасов, из которых в практике геологоразведочных работ широким применением пользуются только три: разрезов, блоков и статистические. Другие способы подсчета запасов не получили широкого распространения из-за формально-геометрического подхода к выделению подсчетных блоков (способы треугольников, четырехугольников, ближайшего района, изолиний, изогипс и другие) либо потому, что, по существу, они являются вспомогательными приемами и обеспечивают выполнение только отдельных операций подсчета запасов (способы косинусов, средней образующей, среднего угла падения, геоморфологический, способ объемной палетки Соболевского и др.).

Запасы почти всех разведанных месторождений могут быть надежно подсчитаны способом разрезов либо способом блоков. Оба способа позволяют использовать для оконтуривания подсчетных блоков всю совокупность выявленных разведкой геологических данных и не искажают представлений о природных морфологических особенностях залежей полезных ископаемых. Статистический способ подсчета запасов применяется только в исключительных случаях, когда крайне сложное прерывистое строение полезных ископаемых препятствует геометризации рудных скоплений вследствие непредставительности обычных методов опробования.

Для подсчета запасов *способом разрезов* используются поперечные геологоразведочные разрезы, образующие систему разведочных работ. Контуры рудных залежей или зон отстраиваются в плоскостях геологических разрезов, а границы подсчетных блоков совпадают с плоскостями разрезов (рис. 48). Запасы подсчитываются раздельно в каждом блоке, а затем суммируются.

Способ разрезов обеспечивает наиболее правдоподобное преобразование объемов залежей, а совмещение подсчетных и геологических разрезов в одной плоскости способствует полному учету геологических особенностей месторождения при проведении контуров промышленной минерализации. В зависимости от ориентировки разведочных разрезов различают способы подсчета запасов: вертикальными и горизонтальными, параллельными и непараллельными разрезами. В последнем случае в подсчет объемов вносятся поправки за непараллельность разрезов [25].

Для вычисления объемов блоков между разрезами, расположенными друг от друга на расстоянии  $l$ , в зависимости от форм и со-

отношения площадей продуктивных залежей  $S_1$   $S_2$  применяются формулы:

призмы (если площади обоих сечений примерно равновелики)

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

усеченной пирамиды (если площади смежных сечений имеют по-

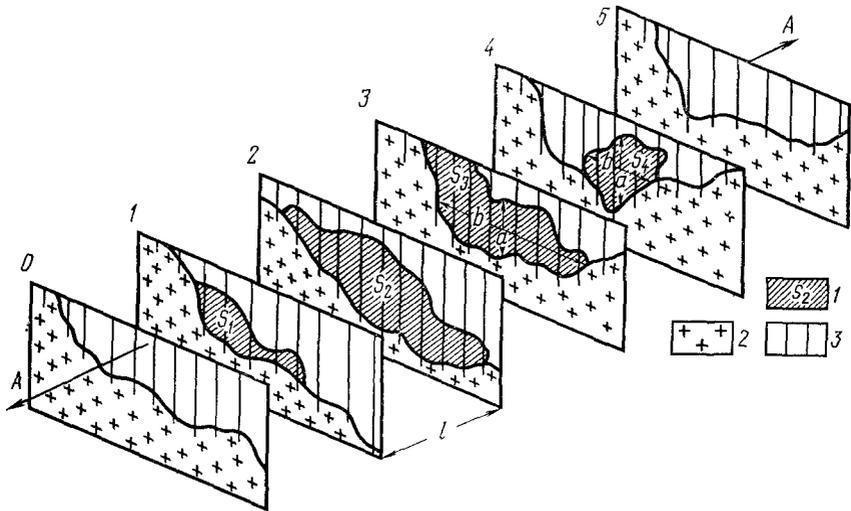


Рис. 48. Способы подсчета запасов методом геологических разрезов.

1 - площадь рудного тела; 2 - граниты, 3 - известняки. Цифры - номера разрезов

добные и близкие к изометрическим формы, но различаются по величине более чем на 40 %)

$$V = \frac{S_1 + S_2 + \sqrt{S_1 S_2}}{3} l;$$

«обелиска» (если формы смежных площадей не подобны друг другу и характеризуются размерами соответственно  $a_1$   $b_1$  и  $a_2$   $b_2$  по двум взаимноперпендикулярным направлениям)

$$V = \left( S_1 + S_2 + \frac{a_1 b_2 + a_2 b_1}{2} \right) \frac{l}{3};$$

конуса

$$V = \frac{S_1}{3} l;$$

или клина (в зависимости от характера выклинивания крайних блоков).

$$V = \frac{S_1}{2} l.$$

Объемы блоков можно рассчитать также по универсальной формуле Я. М. Фейгина

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

в которой коэффициент  $K$  определяется по специальной номограмме в зависимости от соотношения  $S_1:S_2$  или по формулам, предложенным Ж. Матероном:

$$V_{1-2} = \left( 1,083 \frac{S_1 + S_2}{2} - 0,083 \frac{S_0 + S_3}{2} \right) l;$$

$$V_{0-1} = (0,666S_1 + 0,416S_0 - 0,083S_2) l,$$

которые обладают сглаживающим свойством, учитывая влияние смежных разрезов.

Площади залежей в контурах промышленной минерализации измеряются непосредственно на разрезах с помощью планиметра или палетки.

Способ разрезов позволяет наиболее полно учесть и отразить геологические особенности строения месторождений и залежей полезных ископаемых. Применение этого способа особенно эффективно при подсчете запасов в залежах сложной формы и большой мощности. Наиболее существенный недостаток способа разрезов — ограниченность его применения только для случаев разведки системами поперечных разрезов. Данные по разведочным пересечениям, расположенным не в плоскостях поперечных разведочных разрезов, не могут быть использованы для вычисления основных подсчетных параметров. В таких случаях разведанные запасы подсчитываются способом блоков.

*Способ блоков* применяется для подсчета запасов залежей полезных ископаемых, разведанных по неправильной геометрической сети, когда построить систему поперечных разведочных разрезов не удается, а также для подсчета запасов маломощных пласто- и жиллоподобных залежей.

При подсчете запасов способом блоков площадь залежи разделяется на отдельные участки-блоки. Объем залежи при этом преобразуется в ряд сомкнутых фигур с высотами, равными средним мощностям подсчетных блоков. Крутопадающие залежи проектируются на вертикальную плоскость, а пологопадающие — на горизонтальную. Неизбежные искажения площадей на вертикальных или горизонтальных проекциях компенсируются тем, что в подсчетах используются не истинные, а горизонтальные или вертикальные мощности, значения которых вычисляются для каждого рудного пересечения по тригонометрическим формулам.

В практике геологоразведочных работ применяются три наиболее распространенных разновидности рассматриваемого способа: среднего арифметического, геологических блоков и эксплуатационных блоков.

Способ среднего арифметического применяется на ранних стадиях геологоразведочных работ для ориентировочных оценок предварительно оцененных запасов. С этой целью вся залежь полезного ископаемого приравнивается к равновеликой фигуре — диску с высотой, равной средней мощности залежи, и с периметром или палеткой, а средняя мощность вычисляется по совокупности всех разведочных пересечений, вошедших в контур. Запасы подсчитываются по формулам

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

где  $V$  — объем залежи;  $S$  — площадь залежи на проекции;  $m$  — средняя горизонтальная (или вертикальная) мощность залежи;  $Q$  — запасы полезного ископаемого;  $d$  — объемная масса полезного компонента;  $C$  — среднее содержание полезного компонента в объеме залежи.

Способ геологических блоков отличается от способа среднего арифметического тем, что в общем контуре по совокупности геологических признаков выделяется ряд самостоятельных подсчетных блоков. Подсчет запасов производится отдельно по каждому из выделенных блоков. Кроме геологических признаков при выделении самостоятельных блоков учитываются степень их разведанности и горно-технологические свойства полезного ископаемого.

В случаях геометризации неправильной разведочной сети способ геологических блоков является единственным рациональным способом подсчета запасов. Этот способ неприменим для подсчета запасов складчатых и других сложно построенных залежей, формы которых резко искажаются при проектировании на плоскость.

Способ эксплуатационных блоков применяется для подсчета запасов маломощных залежей полезных ископаемых, разведанных системами продольных разрезов с помощью горных выработок. Под эксплуатационными блоками подразумеваются отдельные участки залежей, оконтуренные горными выработками с двух, трех или с четырех сторон.

Графические построения сводятся к составлению продольных проекций залежей. Запасы полезного ископаемого по каждому эксплуатационному блоку определяются как произведение его площади на среднюю горизонтальную (или вертикальную) мощность и на среднюю объемную массу полезного ископаемого, а запасы полезного компонента — как произведение запасов полезного ископаемого на среднеблочное содержание полезного компонента. Достоинствами способа является простота графических построений и возможность подсчета запасов в контурах обрабатываемых горно-эксплуатационных участков.

При подсчете запасов месторождений, разведанных комбинированными разведочными системами, способы блоков и разрезов часто сочетаются друг с другом. Так, при разведке верхних горизонтов месторождения — с помощью горных выработок и подземных

скважин, а нижней его части — с помощью колонковых скважин; запасы верхней части подсчитываются способом горизонтальных разрезов, а нижней части — способом геологических блоков.

Статистический способ применяется для подсчета запасов месторождений с крайне неравномерным, гнездовым распределением скоплений ценных минералов, если обычные способы опробования не обеспечивают получения представительных данных. К ним относятся месторождения слюд, пьезокварца, драгоценных камней, исландского шпата, желваковых фосфоритов, янтаря и некоторых других полезных ископаемых.

Сущность способа заключается в том, что по результатам разведочно-эксплуатационных работ определяется среднее количество («выход») полезного компонента, приходящееся на единицу площади или объема залежи. Выход полезного компонента характеризует «продуктивность» изученного участка. Для подсчета запасов по категории  $C_1$  среднюю величину продуктивности распространяют на всю потенциально рудоносную площадь или объем.

Подсчет запасов категории  $G_2$  на флангах и на нижних горизонтах залежей производится путем экстраполяции данных, полученных на детально разведанных и отработанных этажах с учетом тенденций изменения важнейших оценочных параметров.

При подсчете статистическим способом определяются не геологические, а извлекаемые запасы полезного компонента, что не соответствует принципам учета и подсчета запасов в недрах. Для того чтобы оценить запасы по их состоянию в недрах, к извлекаемыми запасам нужно прибавить запасы, заключенные во всех видах потерь, которые определяются экспериментальным путем.

Статистический способ подсчета запасов применяется как вынужденный прием, когда другие методы подсчета не обеспечивают надежных данных вследствие весьма малых размеров скоплений ценных минералов, которые изолированы друг от друга и рассеяны в массе вмещающих пород. В таких условиях зоны влияния отдельных проб практически ничтожны, а числа проб всегда недостаточно для получения уверенных средних оценок содержаний.

Способ подсчета запасов по средней продуктивности используется для подсчета запасов отдельных сортов и типов руд, а также для оценки прогнозных ресурсов категории  $P_1$  при проведении поисково-оценочных работ.

## § 2. Оконтуривание и блокировка запасов

Оконтуривание запасов по результатам разведочных работ производится последовательно — сначала по разведочным пересечениям, затем по разведочным разрезам и после этого — в продольных плоскостях (в объемах) рудных залежей или зон.

*Оконтуривание запасов по разведочному пересечению* производится по данным геолого-геофизической документации и сплошного опробования разведочных пересечений, в соответствии с утвержденными кондициями к подсчету запасов. Если продуктивные интер-

валы полезного ископаемого выделяются визуально, в задачу оконтуривания входит только проверка их соответствия установленным кондициям. Кондиционными считаются интервалы с содержаниями полезных компонентов не ниже установленного минимального промышленного при мощностях, не ниже рабочей мощности (или соответствующего метропроцента).

Интервалы вмещающих пород (и некондиционных полезных ископаемых) мощностью, менее допустимой максимальной мощности пустых прослоев, включаются в продуктивный интервал с учетом их разубоживающего влияния, а участки с большими мощностями остаются за пределами продуктивных интервалов.

Если продуктивные интервалы не поддаются выделению по данным геолого-геофизической документации, они выявляются по результатам опробования. Детальность оконтуривания продуктивных интервалов зависит в этих случаях от размеров интервальных проб. Чем меньше их размеры, тем детальнее выявляются особенности строения продуктивных участков и тем точнее проводятся их контуры. Выделение продуктивных интервалов производится по заданному минимальному промышленному или бортовому содержанию полезного компонента. В последнем случае необходимо, чтобы среднее содержание по выделенному продуктивному интервалу было бы не ниже минимального промышленного. Как и в первом случае, выделение рудных интервалов и разделяющих их участков вмещающих пород производится на основе кондиций (рабочей мощности, максимальной мощности пустого прослоя и требований к подсчету коэффициента рудоносности), а выделение общей продуктивности зоны — с учетом геолого-структурных особенностей разреза рудовмещающих пород.

*При оконтуривании запасов в плоскостях разведочных разрезов и в продольных плоскостях продуктивных залежей или зон* данные по разведочным пересечениям распространяются на прилегающие к ним минерализованные участки недр. Оконтуривание производится сначала в плоскостях поперечных геологических (разведочных) разрезов, а затем на вертикальных или горизонтальных проекциях продуктивных залежей или зон. Контуры продуктивных площадей проводятся методом интерполяции данных между двумя смежными разведочными пересечениями или путем их экстраполяции за пределы разведочных пересечений. Если в смежном пересечении полезная минерализация не выявлена, экстраполяция называется ограниченной, если же данное разведочное пересечение является крайним, то экстраполяция называется неограниченной. В соответствии с этим различают внутренние контуры, проведенные методом интерполяции через разведочные пересечения, вскрывшие кондиционные участки полезных ископаемых, внешние контуры, проведенные методами ограниченной или неограниченной экстраполяции за пределами кондиционных разведочных пересечений (рис. 49).

При проведении контура между двумя разведочными пересечениями, из которых одно вскрывает интервал с кондиционным со-

держанием полезного компонента, а другое с некондиционным, из-за недостатка фактических данных обычно применяются формально-геометрические приемы оконтуривания:

а) по крайним кондиционным выработкам;

б) на половине, трети или четверти расстояния между разведочными пересечениями в выклинивании на точку (или без выклинивания), в зависимости от геологических представлений о характере

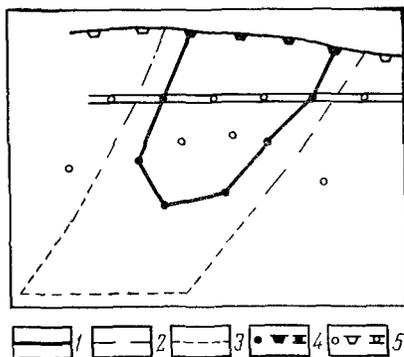


Рис. 49. Схема проведения внутренних и внешних контуров рудных залежей.

1 — внутренний контур; 2 — внешний контур, проведенный по способу ограниченной экстраполяции; 3 — внешний контур, проведенный по способу неограниченной экстраполяции; 4 — рудные разведочные пересечения (скважины, каналы и скважины из подземных горных выработок); 5 — пустые разведочные пересечения

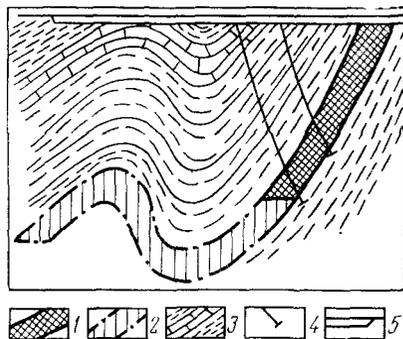


Рис. 50. Схема проведения контура запасов категории  $C_2$  с учетом литолого-структурных данных.

1 — разведанный участок залежи (запасы категории  $C_1$ ); 2 — запасы категории  $C_2$ ; 3 — вмещающие карбонатно-сланцевые породы; 4 — скважины; 5 — канава

выклинивания залежей и от близости геологоразведочных параметров по рудному пересечению.

Ограничение контура крайними разведочными пересечениями, вскрывшими кондиционные содержания полезных компонентов, производится обычно при подсчете разведанных запасов по категориям А и В. При подсчетах запасов категории  $C_1$  чаще допускается ограниченная экстраполяция данных и контур проводится между кондиционным и пустым разведочными пересечениями.

Повышению достоверности оконтуривания запасов способствует детальное изучение естественных форм выклинивания тел полезных ископаемых. Они могут быть связаны с затуханием процесса минерализации, изменениями фациального состава вмещающих пород, с дорудными экранирующими структурами или с пострудными тектоническими нарушениями. В зависимости от этого экстраполяцию их внешних и внутренних контуров следует проводить с учетом конкретных геологических данных.

Максимальный учет геолого-структурной позиции залежей полезных ископаемых особенно важен при проведении внешних кон-

туров методами неограниченной экстраполяции при оценке запасов категории  $C_2$ . Поскольку эти запасы определяют промышленные перспективы месторождения и служат основой для проектирования детальных геологоразведочных работ, экстраполяция внеш-

Рис. 51 Схема проведения внешнего контура залежи (категория  $C_2$ ) с учетом элементов ее склонения.

1 — экранирующая дамба, 2 — разведанная часть залежи; 3 — горные выработки, 4 — внешний контур

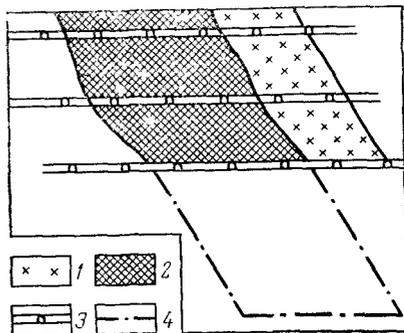
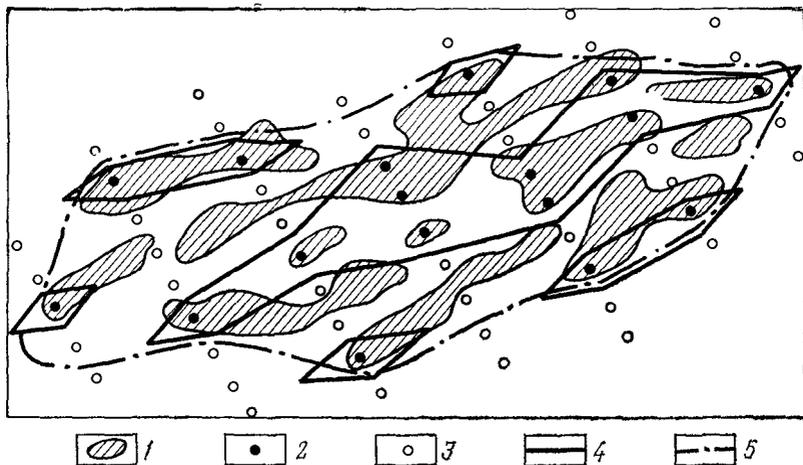


Рис. 52. Пример необоснованного оконтуривания мелких линзоподобных тел по недостаточным разведочным данным.

1 — истинные контуры скоплений, 2 — рудные скважины, 3 — пустые скважины, 4 — необоснованно проведенные контуры, 5 — правильный вариант оконтуривания залежи с учетом пустых участков с помощью коэффициента рудоносности ( $k \approx 0,48$ )



них контуров должна базироваться на солидных геологических прогнозах, но в то же время отличаться смелостью в пределах благоприятных геологических структур (рис. 50).

После оконтуривания запасов по каждому поперечному разрезу их контуры увязываются друг с другом в продольном направлении и выносятся на продольные проекции продуктивных залежей или зон. При этом также учитываются все выявленные связи полезной минерализации с рудовмещающими структурами, геологические элементы, определяющие склонения залежей, изменения литологического или фациального состава вмещающих пород, экранирующие структуры и др. (рис. 51).

Большинство методических ошибок оконтуривания связано с выборочным характером исходных геологоразведочных данных, кото-

рые достоверны лишь по разведочным пересечениям. Поскольку при построении контуров геолог не располагает сведениями о геологическом строении участков и свойствах полезных ископаемых между смежными разведочными пересечениями, контуры между ними экстраполируются по линейному закону и могут существенно отличаться от истинных.

Для достоверной увязки смежных продуктивных интервалов нужно быть уверенным в том, что оба они принадлежат одному и тому же скоплению полезного ископаемого. Если такой уверенности нет, то в едином контуре должны объединяться не отдельные тела, а геологически однородные группы сближенных продуктивных интервалов.

На рис. 52 приведен пример необоснованного оконтуривания пустых участков и мелких линзоподобных рудных скоплений при разведке пластовой залежи прерывистого строения сетью буровых скважин. Из рассмотрения рисунка очевидно, что редкая сеть разведочных пересечений не выявляет даже самых основных закономерностей размещения пустых участков и рудных линз в общем промышленном контуре. Поэтому по совокупности приведенных разведочных данных можно в лучшем случае провести только общий промышленный контур, а степень рудонасыщенности пластовой залежи оценить с помощью коэффициента рудоносности. Для получения фактических данных, обосновывающих представления о внутреннем строении полезного ископаемого, морфологии и условиях залегания отдельных скоплений, необходимо выборочное сгущение сети в пределах наиболее типичных (эталонных) участков.

При возникновении нескольких вариантов увязки разведочных данных необходимо выяснить геологические причины локализация скоплений полезных ископаемых. Так, например, формальная увязка контуров рудных тел между тремя разведочными ортами возможна несколькими способами (рис. 53), однако с учетом рудоконтролирующей роли дайки и пострудного нарушения единственно верным является вариант, показанный на рис. 53, г.

При оконтуривании полезных ископаемых, опробованных по двум стенкам разведочных горных выработок, данные опробования каждого интервала необходимо усреднять, а продуктивные интервалы и участки пустых пород — выделять по средним значениям обеих проб. При нарушении этого требования контуры тех полезных ископаемых приобретают несвойственную им зигзагообразность, природа которых связана только с недостатком эмпирических данных (рис. 54).

Формальные геометрические приемы проведения контуров рекомендуется применять лишь в крайних случаях, когда возможности использования геологической информации полностью исчерпаны. Выбор расстояния между внешним и внутренним контурами зависит от представлений о степени изменчивости морфологии продуктивной залежи или зоны (от двойной и более до одинарной или половинной длины между смежными разведочными пересечени-

ями). Иногда нижний внешний контур сводится в одну точку, расположенную на некоторой глубине.

Блокировка запасов внутри их общего промышленного контура проводится для сепаратной оценки запасов различных природных

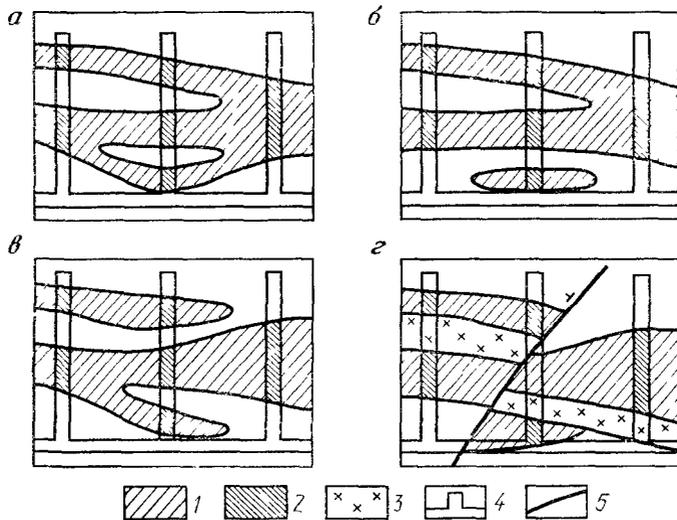
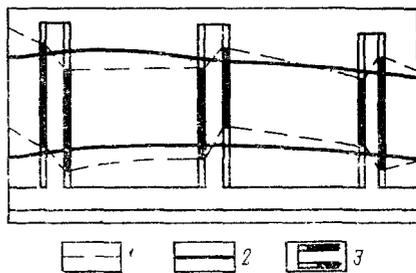


Рис. 53 Примеры многовариантной увязки смежных рудных минералов (а, б, в) и единственно верный вариант увязки (г), учитывающий влияние геологической обстановки

1—2 — рудные минералы, 3 — дайки, 4 — подземные выработки, 5 — линия разлома

Рис. 54 Пример оконтуривания рудной залежи по данным окробоования обеих стенок орта

1 — неправильное оконтуривание, 2 — правильное оконтуривание, 3 — орты и рудные интервалы



или технологических сортов и типов полезных ископаемых, а также участков залежей разнородных в геологическом и технологическом отношении. С увеличением детальности разведочных работ подсчетные блоки полезного ископаемого все более ограничиваются по размерам.

В процессе блокировки для каждого блока по возможности должна быть достигнута максимальная однородность в геологическом и горно-технологическом отношении. При этом, однако, число

разведочных пересечений в каждом блоке должно быть достаточным для уверенной оценки геологоразведочных параметров.

Для обеспечения единства горнотехнических условий в пределах подсчетных блоков должны сохраняться основные физические свойства полезного ископаемого (устойчивость, крепость, сыпучесть), примерно одинаковый характер изменчивости важнейших

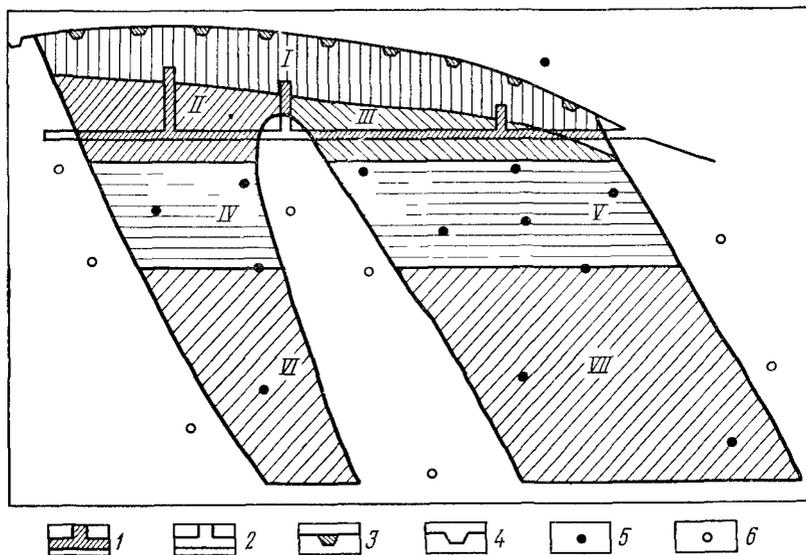


Рис 55 Пример блокировки запасов рудного месторождения

1 — рудные штоки и восстающие, 2 — безрудные штоки и восстающие, 3 — рудные каналы, 4 — безрудная канава, 5 — рудные скважины, 6 — безрудные скважины I—VII — номера блоков

геологоразведочных параметров, их приуроченность к горизонтам и этажам горных работ и расположение относительно горно-капитальных и горно-подготовительных выработок. Для месторождений III и IV групп (со сложной морфологией тел полезных ископаемых и большой изменчивостью содержаний полезных компонентов) запасы отдельных блоков не должны превышать годовой добычи проектируемого горного предприятия.

Блокировка запасов показывается на продольных проекциях месторождений (рис. 55). Масштабы проекций выбираются с таким расчетом, чтобы обеспечить достаточную точность измерений площадей графическими методами.

При подсчетах запасов в самостоятельные блоки обязательно выделяются:

— часть залежей, подлежащих открытой и подземной отработке, с проведением границ между ними по проектному контуру карьера;

— геологически обособленные части залежей с различным составом, требующие применения разных технологических схем переработки;

— морфологически различные части залежей, для которых возможно применение различных систем отработки;

— геологически обособленные части залежей с резко различным качеством полезных ископаемых или различной степенью их разведанности.

Крупные залежи, однородные по всем геологическим и горно-технологическим параметрам, разделяются на отдельные блоки, размеры которых ограничиваются кондициями.

### § 3. Вычисление средних значений подсчетных параметров

Исходными данными для подсчета запасов являются объемы продуктивных зон, залежей или подсчетных блоков, объемные массы полезного ископаемого и содержания полезного компонента в оцениваемых объемах недр. Часто в подсчет запасов вводится один, реже несколько поправочных коэффициентов. Для оценки запасов вычисляются средние значения каждого из указанных параметров в подсчетных блоках

*Мощности продуктивных зон или залежей  $m$*  определяются по данным маркшейдерских замеров в горных выработках или скважинах. В обнаженных стенках горных выработок мощности измеряются непосредственно с помощью рулетки, что обеспечивает высокую точность замеров. В буровых скважинах положение кровли и почвы залежей определяется по керну, техническим показателям бурения и по каротажу, вследствие чего точность замеров заметно ниже, а погрешности могут иметь систематический характер. Поэтому определения мощностей по данным бурения должны контролироваться результатами горно-разведочных и эксплуатационных работ.

В зависимости от расположения разведочных пересечений по отношению к элементам тел полезных ископаемых наблюдаемые мощности могут заметно отличаться от истинных. Замеры мощностей в горных выработках производятся, как правило, в горизонтальном или вертикальном направлениях, в соответствии с чем наблюдаемые мощности называются соответственно горизонтальными  $m_{гор}$  или вертикальными  $m_{вер}$ . Стволовые мощности в скважинах  $m_{ств}$  измеряются по произвольному (косому) направлению, которое зависит от элементов залегания тела полезного ископаемого, угла наклона и азимутального искривления скважины (рис. 56).

Для пересчета наблюдаемых мощностей в истинные (ориентированные нормально от кровли до почвы залежи) используются тригонометрические формулы:

$$m = m_{гор} \sin \alpha; \quad m = m_{вер} \cos \alpha; \quad m = m_{ств} \cos (\alpha - \beta),$$

где  $\alpha$  — угол падения залежи;  $\beta$  — зенитный угол наклона скважины в месте пересечения залежи.

При проектировании продуктивных зон или залежей на вертикальную и горизонтальную плоскости мощности вычисляются как горизонтальные и вертикальные. Поправки за неперпендикулярность осей скважин к линиям простираения залежей рассчитываются по формуле

$$m = m_{\text{ств}} \cos(\alpha - \beta) \cos \gamma,$$

где  $\gamma$  — угол между азимутом скважины и азимутом падения залежи.

Введение этих поправок имеет практический смысл при значениях угла  $\gamma$  более  $50^\circ$ .

Вычисление средних мощностей производится только при подсчете запасов способом блоков. Если в отдельной скважине мощность залежи окажется аномально высокой, необходимо установить причину резкого ее повышения, а в случае необходимости — пробурить в непосредственной близости от этой скважины еще несколько контрольных скважин. Резкое повышение мощности может быть связано с местным изменением элементов залегания (рис. 57) или каким-либо другим локальным отклонением условий залегания, формы или строения залежи. Тогда завышающее влияние

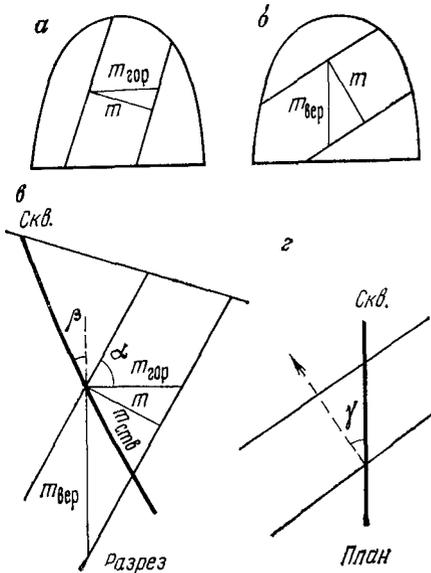


Рис 56 Схема соотношения истинных  $m$ , горизонтальных  $m_{гор}$ , вертикальных  $m_{вер}$  и стволовых  $m_{ств}$  мощностей, углов падения  $\alpha$ , зенитных  $\beta$  и азимутальных  $\gamma$  углов искривления скважин

$a-b$  — в забоях горных выработок,  $v-z$  — при бурении скважин

этой скважины при выводе среднеблочной мощности должно быть исключено. Если пробуренные вблизи контрольные скважины подтверждают тенденцию к заметному завышению мощностей, это должно быть учтено при вычислении среднеблочной мощности.

Площади поперечных сечений продуктивных зон или залежей  $S$  вычисляются при подсчете запасов способом разрезов графическими методами с помощью планиметров или палеток. Для этого подсчетные разрезы составляются в крупном масштабе, обеспечивающем достаточно высокую графическую точность измерений. Обычно измерения площадей проводятся несколько раз, а в подсчете запасов участвуют средние их оценки, при условии, что частные замеры расходятся не более чем на 3—5 %.

Объемные массы полезных ископаемых  $d$  определяются лабораторными методами или непосредственно на месте их залегания. Для подсчета запасов необходимо знать объемную массу, а не плотность полезного ископаемого, в значении которой учиты-

вается влияние его естественной пористости, трещиноватости и кавернозности.

Оценки объемных масс являются важнейшими параметрами подсчета запасов. Ошибка в определении объемной массы приводит к такой же погрешности подсчета запасов, как и ошибка в определении мощности или содержания. Поэтому число лаборатор-

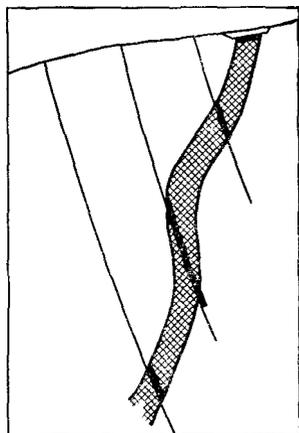


Рис 57 Схема резкого изменения мощности рудной залежи в связи с местным изгибом элементов ее залегания

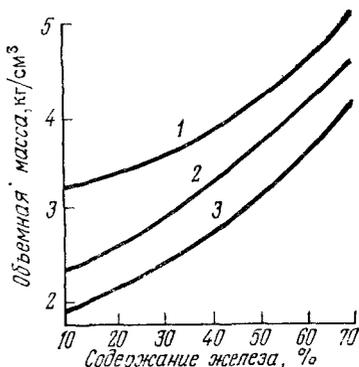


Рис 58 Графики зависимости объемных масс железных руд от содержания в них железа.

1 — магнетитовые руды, 2 — полумажнитовые руды, 3 — маритовые руды

ных проб для определения объемных масс по каждому типу и сорту полезного ископаемого должно быть достаточно большим (по крайней мере десятки определений), а достоверность вычисленных оценок должна подтверждаться контрольными данными по определениям объемных масс на месте залегания.

Объемные массы полезных ископаемых функционально связаны с содержанием в них тяжелых компонентов (тяжелых металлов, сульфидов, барита и др.), а объемные массы углей — с их зональностью, степенью метаморфизма и другими свойствами. Для выявления этих связей по результатам испытаний и анализов представительного числа проб составляются графики зависимости объемных масс от содержаний тяжелых компонентов (рис. 58), по которым определяются среднечисловые объемные массы. Эти зависимости также могут быть выражены уравнениями регрессии или рассчитаны аналитически.

Кроме того, в значения объемных масс обязательно вводится поправка за естественную влажность полезного ископаемого, которая рассчитывается по формуле

$$d_{\text{сух}} = d_{\text{вл}} \frac{(100 - \omega)}{100},$$

где  $\omega$  — естественная влажность полезного ископаемого, %.

Специальным указанием ГКЗ СССР значение влажности предлагается рассчитывать как отношение потери массы образца к массе влажного (а не сухого) образца по формуле

$$\omega = \frac{(p_1 - p_2)}{p_1},$$

где  $p_1$  — масса образца во влажном состоянии;  $p_2$  — масса сухого образца.

Поправка за влажность предупреждает возникновение систематической погрешности оценки содержаний полезных компонентов, которые определяются в лабораториях на воздушно-сухую массу полезного ископаемого, в то время как его объемная масса определяется при естественной влажности.

*Содержания полезных компонентов С* по разведочным пересечениям выражаются на коренных месторождениях в процентах от массы или в граммах на 1 т полезного ископаемого, а в россыпях — в весовых единицах (миллиграммах, граммах или килограммах) на 1 м<sup>3</sup> песков.

Расчет средних содержаний *С* по разведочным пересечениям производится путем взвешивания частных содержаний по пробам ( $C_1, C_2, \dots, C_n$ ) на длины этих проб ( $l_1, l_2, \dots, l_n$ ), т. е.

$$C = \frac{C_1 l_1 + C_2 l_2 + \dots + C_n l_n}{C_1 + C_2 + \dots + C_n}.$$

Наиболее сложной и ответственной операцией является вычисление средних содержаний полезных компонентов по разведочным разрезам и подсчетным блокам. В простейших случаях они рассчитываются как средневзвешенные по фактическим мощностям, а в более сложных случаях — с применением различных весовых функций, а также с учетом анизотропии строения полезного ископаемого, геометрии разведочной сети и подсчетного блока.

Для выбора весовых функций, обеспечивающих получение наименьших дисперсий оценок средних, могут быть использованы операции дискретного или непрерывного крайкинга [13].

При подсчете среднеблочных содержаний перед геологами часто встает задача выявления правильного учета отдельных проб с резко выдающимися содержаниями полезных компонентов, получивших наименование «ураганных». В первой книге учебника показано, что для научно обоснованного решения этой проблемы необходимо знать фактические размеры зон влияния каждой пробы, в зависимости от геологических особенностей месторождения, геометрии проб и геометрии разведочной сети, а также функции вероятных экономических потерь в зависимости от ошибок определения среднеблочных содержаний. Поскольку эти величины практически неизвестны, научно обоснованные методы выявления и учета «ураганных» проб пока не разработаны.

Основываясь на опыте оценки запасов многих месторождений, ГКЗ СССР рекомендует следующую методику выявления и учета «ураганных» проб.

После того, как все аномальные по содержанию пробы будут проверены повторным опробованием или контрольными анализами, необходимо выяснить, нет ли какой-либо закономерности в пространственном размещении выдающихся проб (приуроченности к конкретным рудокализующим структурам). При выявлении таких отчетливо обогащенных участков они должны быть оконтурены как самостоятельные подсчетные блоки, а оценка содержащихся в них запасов должны проводиться без ограничения выдающихся содержаний.

В других случаях отдельные пробы, превышающие средние содержания по разведочному пересечению более чем на 20 %, а по подсчетному блоку более чем на 10 %, должны относиться к «ураганным». Их следует исключать из подсчета, а вместо них рекомендуется принимать пробы с наиболее высоким содержанием из числа рядовых проб, по данному разведочному пересечению или блоку соответственно.

Однако, независимо от выбранной методики учета, «ураганные» пробы правомерно выделять только по сквозным разведочным пересечениям, а не по секциям или интервалам, так как в числе прочих факторов «ураганность» конкретных проб зависит от длин интервалов и секций.

Следует иметь в виду, что учет «ураганных» проб проводится для страховки от завышения средних содержаний по отдельным блокам, но не для страховки от завышения запасов полезных компонентов по всему месторождению в целом. Поэтому дефицит запасов, возникающий вследствие преднамеренного занижения средних содержаний, должен пополняться путем размещения неучтенных запасов по всем подсчетным блокам месторождения, пропорционально запасу каждого из них.

При вычислении средних содержаний по блокам, разведанным с помощью горных выработок и буровых скважин или по неравномерной разведочной сети, веса, придаваемые каждому разведочному пересечению, могут различаться особенно резко. В случае, представленном на рис. 59, kernовым пробам могут быть приданы различные веса, в зависимости от качества опробования буровых скважин и геологических особенностей месторождения. Если качество опробования не вызывает сомнений, а по падению не намечается закономерных изменений свойств залежи, при выводе среднечетных содержаний для нижних горизонтов можно приравнивать статистический вес каждой скважины к весу одной бороздовой пробы. При отчетливой тенденции к изменению свойств

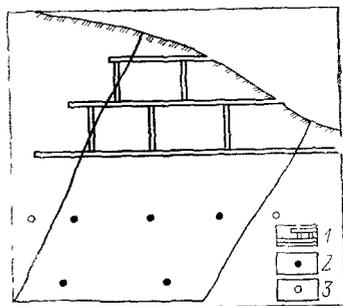


Рис. 59. Схема разведки рудной жилы сочетанием горных выработок на верхних горизонтах и скважин на нижних горизонтах.

1 — горные выработки; 2 — рудные скважины; 3 — безрудные скважины

залежи с глубиной средние содержания в блоках нижних горизонтов лучше вычислять только по данным буровых скважин или по совокупности данных опробования нижнего горизонта горных работ и буровых скважин, придавая последним более значительные статистические веса. Если достоверность кернового опробования вызывает сомнения или изменчивость содержаний настолько велика, что по данным нескольких скважин нельзя уверенно оценить среднее содержание, результаты опробования скважин должны учитываться только для подтверждения оруденения на нижних горизонтах. В этих случаях керновым пробам придается нулевой вес и в подсчет среднеблочных содержаний они не включаются. По резко сближенным разведочным пересечениям в подсчет среднеблочного содержания включается одна оценка, вычисленная как средневзвешенная по нескольким сближенным разведочным пересечениям.

#### § 4. Поправочные коэффициенты $k$ к подсчету запасов

Все поправочные коэффициенты к подсчету запасов можно разделить на две группы: связанные с недостатком геологоразведочных данных и связанные с низким качеством геологоразведочных работ.

*К поправочным коэффициентам, связанным с недостатком геологоразведочных данных*, относятся следующие коэффициенты: рудоносности; на безрудные дайки, на закарстованность; на льдистость; на валунистость или каменистость.

Необходимость введения этих поправочных коэффициентов возникает в связи с тем, что те или иные заведомо безрудные участки обладают меньшими размерами по сравнению с размерами ячейки разведочной сети. Поэтому в процессе разведочных работ выявляются лишь некоторые из них, а суммарное влияние безрудных участков на количество и запасы полезного ископаемого может быть оценено только статистически. Все перечисленные коэффициенты уменьшают запасы полезного ископаемого, так как объемы нерудных или некондиционных участков, безрудных даек, карстовых полостей, ископаемого льда, безрудных валунов или камней исключаются из общего объема полезного ископаемого в промышленном контуре. Применение этих коэффициентов оправдано только в тех случаях, если при последующей эксплуатации месторождения безрудные участки могут быть оставлены в недрах, отработаны селективно или отделены от полезного ископаемого в процессе рудоразработки.

Наиболее распространенным поправочным коэффициентом при подсчетах запасов сложно построенных залежей полезных ископаемых является коэффициент рудоносности, выражающий долю объема технологически сплошных руд в общем оцениваемом объеме. Он может быть подсчитан как отношение:

— числа разведочных пересечений  $n$ , вскрывших кондиционное оруденение, к общему их числу  $N$  в промышленных контурах  $k = n/N$ ;

— суммы мощностей рудных интервалов  $\sum m$  по разведочным пересечениям к сумме мощностей продуктивной зоны в целом  $\sum M$   
 $k = \sum m / \sum M$ ;

— суммы длин участков с кондиционным оруденением  $\sum l$  по прослеживающим выработкам к суммарной длине этих выработок  
 $\sum L k = \sum l / \sum L$ .

Значения поправочных коэффициентов должны быть надежно обоснованы по достаточно большому числу наблюдений, а их достоверность подтверждена статистическими расчетами. Поправочные коэффициенты на безрудные дайки, закарстованность и льдистость так же, как и коэффициент рудоносности, оцениваются по соотношениям суммарных мощностей безрудных интервалов к суммарной мощности продуктивной зоны или залежи.

Коэффициенты валунистости или каменистости определяются по крупным валовым пробам россыпных месторождений и рассчитываются по формуле

$$k_k = \frac{V_0 - V_k}{V_0},$$

где  $V_k$  — объем безрудных валунов (или камней) в пробе;  $V_0$  — объем валовой пробы.

*К поправочным коэффициентам, связанным с низким качеством геологоразведочных работ, относятся:*

— коэффициенты, исправляющие систематические погрешности замеров мощностей в буровых скважинах вследствие неполного выхода керна, неучтенного искривления скважин и других причин;

— коэффициенты, исправляющие содержание полезных компонентов вследствие избирательного выкрашивания проб, избирательного истирания керна или систематических погрешностей анализов проб;

— коэффициенты, исправляющие средние значения геологоразведочных параметров, запасы полезных ископаемых и полезных компонентов в связи с систематическими расхождениями данных буровых и горных работ, результатов разведки и эксплуатационно-разведочных работ, данных рудников и обогатительных фабрик;

— коэффициент на намыв в связи с тем, что при разработке россыпей извлечение полезного минерала оказывается систематически выше, чем его подсчитанные запасы.

Потребность во введении перечисленных коэффициентов появляется в связи с ненадежностью исходных геологоразведочных данных, что свидетельствует об упущениях в методике или технике разведочных работ. Введение поправок, связанных с дефектами геологоразведочных работ, крайне нежелательно, так как они вызывают недоверие к результатам подсчета запасов. Для повышения достоверности подсчета допущенные дефекты должны своевременно выявляться и устраняться. Как исключение, коэффициенты, отражающие дефекты геологоразведочных работ, вводятся в подсчеты запасов лишь по специальным решениям ГКЗ СССР.

## § 5. Подсчет запасов сопутствующих полезных ископаемых и полезных компонентов

Важнейшим условием рационального использования недр является извлечение полного комплекса полезных компонентов из добываемого минерального сырья. Для его реализации необходимо своевременно выявить весь комплекс полезных компонентов, установить целесообразность их промышленного использования и подсчитать запасы каждого из них.

Своевременному выявлению всех сопутствующих полезных ископаемых и компонентов способствуют массовые спектральные анализы пород и руд, особенно в начальные стадии разведочных работ. Выявление сопутствующих полезных компонентов имеет смысл лишь в тех месторождениях, которые представляют промышленную ценность по главному полезному ископаемому. Подсчет запасов сопутствующих компонентов производится в контурах подсчета запасов ведущих полезных ископаемых — в пределах границ разведваемого месторождения.

Сопутствующие полезные компоненты разведываемых месторождений разделяются на три группы:

- полезные ископаемые;
- полезные минералы;
- элементы, рассеянные в полезных минералах.

*Сопутствующие полезные ископаемые* залегают в породах вскрыши, перемещаются с залежами главного полезного ископаемого или подстилают их. К ним относятся карбонатные породы, глины, пески, строительные камни, соли, бокситы, фосфориты, апатиты, каолины и другие полезные ископаемые, которые могут быть рентабельно добыты и переработаны попутно с разработкой главного полезного ископаемого.

Например, при разработке железорудных месторождений КМА из пород вскрыши добывались мел, высокосортные пески, фосфориты и глины. Вмещающие породы многих магматогенных месторождений могут использоваться как строительные материалы (щебень, бутовый камень и др.), а хвосты некоторых обогащенных фабрик — как ценные полезные ископаемые (кварцевые пески, керамическое сырье) и т. д.

*Сопутствующие полезные минералы* в рудах или в нерудных полезных ископаемых извлекаются в концентраты или накапливаются в продуктах обогащения основных компонентов, из которых они могут рентабельно извлекаться и перерабатываться. Так, например, в медноколчеданных рудах часто присутствуют минералы цинка, свинца, серы, золота и серебра, а в медно-никелевых рудах — минералы платиновой группы, кобальта, золота и серебра. В оловянных рудах часто содержатся тантал, ниобий, бериллий, флюорит, топаз и другие минералы. В полиметаллических рудах кроме свинца, цинка и меди обычно присутствуют минералы серебра, золота, висмута, сурьмы, барит и флюорит. Для сурьмяных и ртутных руд иногда характерны примеси золота и серебросодер-

жащих минералов и минералов висмута. Во многих железных рудах присутствуют золото и кобальтсодержащие минералы, медные, титановые, ванадиевые, свинцовые, цинковые и вольфрамовые минералы. В углях встречаются пирит, представляющий интерес как сырье для получения серы, и другие минералы.

*Сопутствующие рассеянные элементы* содержатся в виде изоморфных примесей в минералах основных и сопутствующих компонентов, в форме металлоорганических соединений в углях или в растворенном виде в нефти, газах и подземных водах. К ним же относятся тонкодисперсные примеси золота, серебра, молибдена и других металлов во многих рудах или минералах. Для различных типов руд характерны определенные комплексы рассеянных элементов. В полиметаллических рудах обычно присутствуют кадмий, индий, селен, теллур, таллий, реже германий. В медноколчеданных рудах — селен, кадмий, теллур, таллий, германий, галлий и индий, в медистых песчаниках — рений, в медно-молибденовых рудах — рений, селен и теллур, в медно-никелевых рудах — селен, теллур, таллий, галлий и германий. Сульфидно-касситеритовые руды содержат повышенные концентрации индия, а кварц-касситеритовые и вольфрамовые руды — скандия. Для бокситов характерно присутствие галлия и скандия, а иногда и германия. В угольных месторождениях встречаются уран, молибден, ванадий, медь и германий. В высокоминерализованных йодо-бромных водах обычно присутствуют бор, магний, калий, рубидий, цезий, стронций, германий и т. д.

*Подсчет запасов сопутствующих полезных ископаемых* производится по результатам геологического изучения и опробования горных выработок и скважин, пройденных для разведки основного полезного ископаемого. Разведочные выработки для изучения и оконтуривания только сопутствующих полезных ископаемых на ранних стадиях разведки не проходятся.

На стадии детальной разведки специальная разведка сопутствующих полезных ископаемых проводится только при наличии потребителя на данный вид минерального сырья.

По результатам подсчета запасов оценивается экономический эффект от промышленного использования сопутствующего полезного ископаемого и определяется влияние его добычи и освоения на геолого-экономическую оценку месторождения в целом.

*Подсчет запасов сопутствующих полезных компонентов*, образующих собственные минералы, а также находящихся в рассеянном состоянии, производится в контурах запасов основного полезного ископаемого. Для их изучения и оценки проводятся специальные минералого-геохимические исследования руд и отбираются групповые пробы.

Объединение большого числа навесок рядовых проб в одной групповой пробе уменьшает общее число анализов, но соответственно снижает детальность выявления пространственных закономерностей размещения сопутствующих компонентов в недрах. Запасы сопутствующих компонентов в детально разведанных под-

счетных блоках основного полезного ископаемого могут быть отнесены к высоким категориям только в тех редких случаях, когда детальность их опробования и равномерность пространственного размещения не ниже детальности опробования и равномерности размещения основных компонентов. При использовании же групповых проб запасы сопутствующих компонентов обычно квалифицируются не выше категорий  $C_1$ .

Кроме статистических анализов групповых проб для подсчета запасов сопутствующих компонентов проводятся количественные анализы мономинеральных проб, продуктов обогащения и переработки полезных ископаемых.

В результате опробования и всестороннего минералого-геохимического изучения полезных ископаемых устанавливается перечень содержащихся в них сопутствующих полезных компонентов, их связь с важнейшими полезными минералами, распределение по сортам и типам полезного ископаемого, продуктам его обогащения и переработки. Выявляется степень равномерности размещения сопутствующих компонентов в контурах основного полезного ископаемого, оцениваются корреляционные связи между содержаниями основных и сопутствующих компонентов. При содержании одного или нескольких сопутствующих компонентов в нескольких минералах составляется баланс их распределения по минеральным составляющим, сортам и типам основного полезного ископаемого, по продуктам их обогащения, металлургического и химического переделов. По совокупности перечисленных данных запасы сопутствующих полезных компонентов относятся к группе балансовых или забалансовых. Решающее значение при этом имеют потребность в них народного хозяйства, наличие разработанной технологической схемы извлечения тех или иных сопутствующих компонентов и степень их концентрации в продуктах обогащения, металлургического или химического переделов, причем рентабельность их извлечения должна подтверждаться технико-экономическими расчетами.

Из рассеянных элементов в рудных месторождениях практическое значение имеют лишь те, которые связаны с минералами, извлекаемыми в товарные концентраты, или с рудами, которые используются без предварительного обогащения. Они накапливаются в промежуточных и оборотных продуктах металлургического или химического переделов и в отходах производства — пылях, газах, вельцокислах, шлаках, фьюмингвозгонах и др. Возможность накопления рассеянных элементов зависит от применяемых технологических схем и режимов. Так, например, индий, кадмий, галлий, и некоторые другие элементы на цинковых заводах можно извлекать из вельцокислов, селен и теллур — на сернокислотных заводах — из шламов, а на свинцовых заводах — из пылей и т. д. Из-за сложности улавливания рассеянных элементов и их сосредоточения по многим продуктам передела сквозное их извлечение на заводах, как правило, не превышает нескольких десятков процентов.

Накопление рассеянных элементов в продуктах передела происходит независимо от их содержания в рудах. Поэтому они подлежат учету и подсчету во всех случаях, когда их присутствие в исходном сырье достоверно установлено анализами. В связи с этим к качеству и точности анализов на рассеянные элементы предъявляются повышенные требования. Оценка их концентраций производится по мономинеральным пробам, число внутренних и внешних контрольных анализов увеличивается до 10—20 % от общего числа, а число контрольных определений возрастает минимум до 30.

При подсчете запасов рассеянных элементов подсчитываются не только их общие (валовые) запасы, но также выделяются запасы, связанные с минералами, извлекаемыми в товарные концентраты.

Кондиции к подсчету запасов сопутствующих полезных ископаемых устанавливаются в соответствии с требованиями промышленности к качеству данного вида минерального сырья.

Кондиции к подсчету запасов сопутствующих компонентов, образующих собственные минералы, рассчитываются по результатам технологических испытаний полезных ископаемых с учетом природных сортов и типов полезных ископаемых. Основным кондиционным показателем является предельное содержание сопутствующего полезного компонента в контурах основного полезного ископаемого, обеспечивающего экономическую целесообразность его извлечения в селективный концентрат или в продукт обогащения основных компонентов.

Кондиции к подсчету запасов рассеянных элементов в обогащающихся рудах рекомендуется устанавливать раздельно по каждому полезному минералу, в зависимости от его извлечения в полезный продукт. Целесообразность промышленного использования того или иного рассеянного элемента оценивается по минимально допустимому его содержанию в продуктах заводского передела, с учетом дополнительных затрат, связанных с его извлечением в товарный продукт.

Дополнительный экономический эффект, связанный с получением и реализацией сопутствующих полезных ископаемых или компонентов, должен быть учтен при расчете минимального промышленного содержания основного компонента (или комплекса основных компонентов).

Подсчет запасов сопутствующих полезных ископаемых или полезных компонентов производится обычными методами с использованием результатов опробования разведочных пересечений по данным анализов рядовых или групповых проб.

При выявлении отчетливых корреляционных связей между содержаниями основных и сопутствующих компонентов для оценки средних могут быть использованы косвенные (корреляционно-регрессионные) методы. Их применение особенно эффективно в тех случаях, когда опробование на основные полезные компоненты

может быть выполнено современными ядерно-геофизическими методами, а необходимость механического отбора проб полезного ископаемого возникает только для оценки содержаний сопутствующих полезных компонентов.

Для использования корреляционно-регрессионных методов необходимо располагать результатами массового опробования на основной компонент и выборочными данными по содержанию сопутствующих полезных компонентов в единичных рядовых или групповых пробах.

Задача сводится к подбору необходимого числа проб, представительных по условиям их пространственного размещения, про-

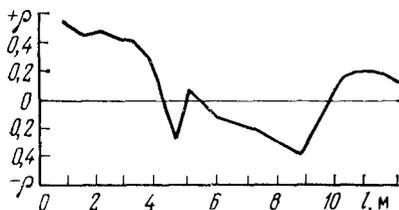


Рис. 60 Изменения оценок коэффициентов корреляции содержаний основных запасов основного и сопутствующего компонентов в зависимости от длины пробы (по Е. А. Сидоркову)

$l$  — длина пробы,  $\rho$  — коэффициент корреляции

верке геологической и статистической однородности подсчетных блоков, оценке форм и характера связей между обоими полезными компонентами, построению регрессионных уравнений к подсчету запасов с использованием полученных параметров.

Число проб, определяющее число пар анализов обоих компонентов, должно обеспечивать статистическую значимость получаемых результатов с заданной достоверностью и вероятностью. Практически оно должно включать не менее 100—150 пар анализов. Проверка геологической однородности подсчетных блоков производится сопоставлением важнейших черт геологического строения и значений ведущих геологоразведочных параметров в пределах всего объема блока. Статистическая однородность может быть оценена одновременным сравнением средних и дисперсий исследуемых параметров по блокам более простыми статистическими приемами или визуально [14].

Принципиально важное значение имеет выбор геометрии проб, так как в зависимости от их длин изменяются не только формы и характер связи взвешенных оценок средних содержаний основного и сопутствующего компонента, но и оценки коэффициентов корреляции между ними (рис. 60). Длина пробы должна определяться целевым назначением задачи и соответствовать масштабному уровню изучения объекта. Поскольку объектом оценки является подсчетный блок, взвешенные оценки средних содержаний следует рассчитывать по сквозным пробам, пересекающим рудные залежи на их полную мощность. Если бы, например, связь между обоими полезными компонентами оценивалась применительно к сортировке руды в автосамосвалах, длины проб следовало бы выбирать порядка 2—3 м.

Оценку связи следует начинать с проверки ее линейности, например, с помощью критерия Фишера, или приближенно — путем графического построения линии регрессии. Для оценки силы связи применяется коэффициент корреляции, а для нелинейной — корреляционное отношение. В последнем случае для аналитического выражения нелинейного уравнения может быть использована формула параболы. Переход к многочленам более высоких порядков не дает заметного практического эффекта.

Средние содержания сопутствующих полезных компонентов, рассчитанные с помощью составленных уравнений регрессий, используются в дальнейшем для подсчета их запасов в оцениваемых блоках.

## § 6. Подсчет запасов с использованием ЭВМ

Последнее время для целей подсчета запасов все шире применяется электронно-вычислительная техника. При этом наметилось два принципиально различных пути использования ЭВМ:

— разработка алгоритмов и программ, позволяющих полностью механизировать все расчетные операции подсчета запасов по любому из известных способов;

— создание автоматизированных систем подсчета запасов на основе специальных способов подсчета, позволяющих шире использовать возможности ЭВМ.

Для реализации первого пути необходимо заранее геометризовать запасы, выбрать способы их подсчета и вычисления средних оценок геологоразведочных параметров. Получения какой-либо дополнительной информации при этом не ожидается, так как ЭВМ используется в данном случае только как более совершенное техническое средство счета. Вследствие ограничения массива цифровых данных автоматизация вычислительных операций с помощью ЭВМ не приводит в данном случае и к существенному экономическому эффекту (за исключением поблочных оперативных подсчетов запасов в условиях эксплуатационной разведки).

Второй путь предпочтительнее, так как он обеспечивает получение дополнительной информации за счет более полной обработки исходных данных. Этому способствуют специальные способы подсчета запасов, основанные на методах множественной корреляции, сглаживания или нелинейной аппроксимации наблюдаемых значений геологоразведочных параметров. Так, при значительных отклонениях осей скважин от плоскостей разведочных разрезов объемы блоков могут вычисляться путем аппроксимации их боковых сторон криволинейными поверхностями, рассчитанными методом наименьших квадратов с помощью степенных полиномов по координатам точек пересечения скважинами лежащих и висячих боков залежи. При вычислении среднеблочных содержаний могут широко использоваться уравнения множественной регрессии или различные модификации крайнинга, применение которых невозможно без ЭВМ. Автоматизированные системы подсчета запасов

особенно эффективны при сопоставлении нескольких вариантов подсчета запасов по различным вариантам кондиций и т. д. Таким образом, хотя второй путь и более сложен, он раскрывает большие перспективы, так как позволяет значительно шире использовать возможности ЭВМ и обеспечивает реальный экономический эффект.

Основная трудность перехода к автоматизированной системе подсчета запасов заключается в том, что некоторые операции практически не поддаются автоматизации. В первую очередь это относится к геометризации и блокировке запасов, выполнение которых требует обязательного вмешательства специалиста, что приводит к нерациональному, прерывистому, режиму работы ЭВМ. Кроме того, большие затраты времени и труда связаны не столько с подсчетами, сколько с подготовительными операциями. Поэтому для эффективного использования ЭВМ при подсчетах запасов полезных ископаемых необходима широкая автоматизация всех стадий сбора и обработки первичной геодезической, геологической, геофизической и геохимической информации. Преодоление этих трудностей будет способствовать созданию автоматизированных систем подсчета запасов и широкому внедрению ЭВМ в практику геологоразведочных работ.

#### Контрольные вопросы

1. В чем преимущества способов подсчета запасов разрезами и блоками по сравнению с многочисленными остальными способами?
2. Дайте сравнительную характеристику способов подсчета запасов разрезами и блоками и охарактеризуйте условия их применения.
3. В каких условиях и почему применяется статистический способ подсчета запасов? Приведите геолого-промышленные типы месторождений, запасы которых могут быть подсчитаны только статистическим способом.
4. Опишите методику оконтуривания запасов по разведочному пересечению, в плоскости разведочного разреза и в продольной плоскости залежи.
5. С чем связано большинство оконтуривания запасов? Приведите примеры наиболее типичных из них.
6. Для чего проводится блокировка запасов и в чем заключаются требования геологической и технологической однородности подсчетных блоков?
7. Как определяются мощности продуктивных залежей или зон по разведочным горным выработкам и скважинам? Дайте определение понятиям стволовой, вертикальной, горизонтальной и истинной мощностей.
8. Как изменяются площади сечений продуктивности зон, залежей, блоков?
9. Как определяются объемные массы полезных ископаемых и вычисляются их средние значения? В чем заключается смысл поправки за влажность и каким образом она вводится в среднее значение объемной массы?
10. Как рассчитываются средние содержания полезных компонентов по разведочным пересечениям и подсчетным блокам?
11. Каковы рекомендации ГКЗ СССР по выявлению и учету ураганных проб при оценке среднеблочных содержаний полезных компонентов?
12. Перечислите поправочные коэффициенты, связанные с недостатками геологоразведочных данных и охарактеризуйте условия их применения.
13. Перечислите поправочные коэффициенты, связанные с низким качеством геологоразведочных работ, и охарактеризуйте условия их применения.
14. В чем принципиальное различие двух групп поправочных коэффициентов к подсчету запасов?
15. Как и при каких условиях подсчитываются запасы сопутствующих полезных ископаемых?

16. Какие требования предъявляются к подсчетам запасов сопутствующих полезных компонентов и рассеянных элементов? Каковы особенности условий к их оценке?

17. Охарактеризуйте методы подсчета запасов сопутствующих компонентов, известные на данных группового опробования.

18. В чем заключаются особенности оценки запасов сопутствующих компонентов корреляционно-регрессионными методами?

19. Каковы пути и возможности использования ЭВМ для целей подсчета запасов полезных ископаемых?

## Часть IV.

# **ОСОБЕННОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫХ РАБОТ НА РАЗНЫХ СТАДИЯХ И ПРИМЕНИТЕЛЬНО К МЕСТОРОЖДЕНИЯМ РАЗЛИЧНЫХ ТИПОВ И ВИДОВ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ**

---

На каждой стадии геологоразведочных работ их содержание, методические приемы, способы оценки ресурсов и запасов полезных ископаемых различаются в зависимости от целей, задач и условий проведения, морфологических типов месторождений и видов полезных ископаемых.

В соответствии с приказом Министерства геологии СССР от 20 апреля 1984 г. геологоразведочные работы на твердые полезные ископаемые проводятся в восемь последовательных стадий. Первые четыре стадии охватывают комплексы геологосъемочных, прогнозных и поисковых работ, две последующих стадии — комплексы допроектных разведочных работ, а две последних стадии проводятся в условиях проектируемых или действующих горных предприятий. В подавляющем большинстве случаев необходимо строго выдерживать установленную последовательность работ и проводить четкие границы между отдельными их стадиями, так как при изучении многочисленных объектов неясной промышленной ценности это до минимума сокращает непроизводительные расходы на их оценку. Только в тех редких случаях, когда промышленная ценность месторождения очевидна уже на ранних стадиях геологоразведочных работ, возможно отступление от этого принципа и, в частности, объединение смежных стадий.

## Глава 11.

### **ОСОБЕННОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОГНОЗНЫХ, ПОИСКОВЫХ И ПОИСКОВО-ОЦЕНОЧНЫХ РАБОТ**

Для выявления природных объектов, заслуживающих постановки разведочных работ, в пределах перспективных территорий проводится комплекс геолого-прогнозных, поисковых и поисково-разведочных работ, которые подразделяются на четыре последовательных стадии.

*Стадия 1.* Региональное геологическое изучение территории СССР:

а) региональные геолого-геофизические исследования масштаба 1 : 1 000 000—1 : 500 000

б) региональные геофизические, геологосъемочные, гидрогеологические и инженерно-геологические работы масштаба 1 : 20 000—1 : 100 000.

*Стадия 2.* Геологосъемочные работы масштаба 1 : 50 000 (1 : 25 000) с общими поисками

*Стадия 3.* Поисковые работы.

*Стадия 4.* Поисково-оценочные работы.

## **§ 1. Региональное геологическое изучение территории СССР**

Целевое назначение этих работ сводится к определению важнейших особенностей геологического строения нашей страны, локализации территорий, перспективных для постановки поисков и к прогнозной оценке, связанных с ними ресурсов полезных ископаемых.

Объектами изучения служат отдельные бассейны полезных ископаемых, их части или потенциальные рудные районы, а объектами геометризации и оценки — потенциальные рудные узлы.

Общая оценка ресурсов объектов изучения складывается из частных оценок ресурсов слагающих их потенциальных рудных узлов. Иногда уже на этой стадии удается обнаружить и оценить прогнозные ресурсы очень крупных месторождений углей, осадочных железных руд, минеральных солей и некоторых других полезных ископаемых.

В задачи региональных геолого-геофизических исследований масштаба 1 : 1 000 000—1 : 500 000 входит:

— обновление существующих геологических и геофизических карт на основе космофотогеологического картирования, глубинного сейсмического зондирования по опорным профилям, мелкомасштабного глубинного геологического картирования в комплексе с общими геохимическими методами, а также результатов бурения сверхглубоких скважин;

— выявление региональных закономерностей пространственного размещения проявлений полезных ископаемых как геологической основы для выбора и оконтуривания перспективных площадей;

— выявление закономерных связей полезных ископаемых с геологическими структурами как прогнозных предпосылок рудоносности для всех видов полезных ископаемых;

— изучение геологического строения потенциальных рудных районов и закономерностей пространственного размещения проявлений полезных ископаемых в их структурах;

— выявление металлогенической специализации регионов и их отдельных частей;

— составление геологических, геофизических и других видов карт по шельфовой части СССР.

В задачи региональных геофизических, геологосъемочных, гидрогеологических и инженерно-геологических работ масштаба 1:200 000 (1:100 000) входят:

— создание геофизической основы, способствующей выявлению важнейших геолого-структурных элементов региона;

— составление прогнозных карт полезных ископаемых с выделением геологических структур, зон и площадей, перспективных на обнаружение полезных ископаемых;

— оценка прогнозных ресурсов потенциально рудоносных узлов по категории  $P_3$ .

Таким образом, уже на самой ранней стадии региональных геологических исследований наряду с геологической съемкой выполняется значительный объем собственно поисковых работ с применением комплекса геолого-минералогических, геофизических и геохимических методов и современных технических средств.

Для целей геологического ландшафтного и геоморфологического картирования широко используются материалы космо- и аэрофотогеологических наблюдений и других дистанционных методов.

Геологическое картирование проводится групповым методом одновременно на нескольких смежных листах, в пределах единой крупной геологической структуры. Выбор рационального комплекса работ и видов специализированного геолого-геофизического картирования зависит от геотектонических особенностей и ландшафтных особенностей региона. В состав геофизических работ, как правило, входят аэромагнитометрические и аэрогаммаспектрометрические съемки, наземные гравиметрические съемки и профильные сейсмические исследования. Существенную помощь при изучении блоковых структур оказывают водно-гелиевые съемки, фиксирующие проявление гелиевых аномалий вдоль зон глубинных разломов. При картировании в масштабе 1:200 000 одна проба воды на содержание в ней гелия отбирается примерно на 10—15 км<sup>2</sup>.

Для прогнозно-поисковых целей выполняются геолого-минералогические и геохимические исследования, включающие:

— шлиховое опробование аллювиальных отложений в комплексе с геохимическим опробованием донных осадков и открытых водотоков;

— литогеохимические съемки элювиально-делювиальных отложений и коренных пород.

Отбор шлиховых проб и проб донных осадков производится через каждые 250—300 м маршрута, а гидрохимические пробы вод из открытых водотоков отбираются из расчета 1 проба на 4—10 км<sup>2</sup>. Литогеохимические съемки проводятся, как правило, по линиям маршрутов через 2 км друг от друга с густотой отбора проб по маршруту через 250—500 м. Данные шлихового и геохимического опробования выносятся на топооснову масштаба 1:200 000

и подвергаются сглаживанию с помощью скользящих статистических окон размерами от  $5 \times 5$  до  $10 \times 10$  см, в зависимости от представлений о размерах потенциальных рудных узлов (или крупных рудных полей). Полученные ареалы повышенных концентраций полезных минералов и элементов сопоставляются с результатами обработки геофизических съемок и геолого-структурными данными, для выявления прогнозных критериев (предпосылок и признаков) полезной минерализации и составления прогнозных карт.

Выборочные детализационные наблюдения проводятся на площадях развития комплексов осадочных, магматических или метаморфических пород, отчетливо специализированных на те или иные полезные ископаемые, особенно в случаях выявления аномалий, аномальных зон или проявлений полезной минерализации.

При проведении работ в новых районах выборочной детализации со сгущением наблюдений до масштаба  $1 : 50\,000$  подвергаются лишь единичные, наиболее контрастные аномальные поля, а еще большей детализации — наиболее интенсивные и экстенсивные аномальные зоны и проявления полезной минерализации в общих контурах детализационных работ. При проведении работ в уже определенных рудных районах выборочной детализации до масштаба  $1 : 50\,000$  подвергаются все контрастные аномальные поля. Еще более детальные наблюдения проводятся на всех проявлениях полезной минерализации как в контурах, так и за контурами установленных потенциальных рудных узлов, из расчета в среднем одна скважина на  $4 \text{ км}^2$ .

Для оценки прогнозных ресурсов потенциальных рудных узлов могут использоваться различные, независимые друг от друга методы.

Ориентировочная оценка ресурсов меди, цинка, урана, никеля, фтора, мышьяка, лития и ряда других элементов, подвижных в водной среде гумидных областей, может быть получена по данным опробования стока малых рек. Ресурсы подавляющего большинства рудных полезных ископаемых можно оценить по потокам их рассеяния в донных осадках или песчано-гравийном аллювии, а также по ареалам их рассеяния в коренных породах и рыхлых отложениях. Для оценок прогнозных ресурсов потенциальных рудных узлов могут также использоваться методы моделирования важнейших признаков их рудоносности или методы, основанные на экстраполяции средних продуктивностей.

В результате региональных геологосъемочных и геофизических работ создаются: государственная геологическая карта масштаба  $1 : 200\,000$  (по мере необходимости и карта фундамента того же масштаба), набор геофизических карт (гравитационная, магнитная и радиометрическая), карта полезных ископаемых и прогнозная карта, с выделением площадей (рудных узлов), перспективных в отношении выявления полезных ископаемых для дальнейших поисковых работ. Одновременно создаются гидрогеологиче-

ские и инженерно-геологические карты соответствующих масштабов.

Цифры прогнозных ресурсов относятся к территориям потенциальных рудных узлов и квалифицируются по категории  $P_3$ . На отдельных детализационных участках возможна оценка ресурсов по категории  $P_2$  (в исключительных случаях — по категории  $P_1$ ).

При оценке прогнозных ресурсов категории  $P_3$  должны учитываться потребности народного хозяйства в прогнозируемых видах полезных ископаемых, а также влияние экономико-географических и социально-экономических факторов на возможные объемы капитальных вложений и сроки освоения новых источников минерального сырья.

## § 2. Геологосъемочные работы масштаба 1 : 50 000 (1 : 25 000) с общими поисками полезных ископаемых

Работы этой стадии проводятся на территориях потенциальных рудных узлов с учетом их металлогенических особенностей и наиболее вероятных комплексов полезных ископаемых. Они включают:

- различные методы площадных геофизических исследований (аэромагнитную и аэрогаммаспектрометрическую съемки, гравиметрическую съемку, сейсмо- и электропрофилеирование);

- дешифрирование и использование материалов различных дистанционных методов (аэрофотосъемки, радарной и тепловой съемок и др.);

- специализированные геологические маршруты, литолого-стратиграфические, минералого-петрографические и геохимические исследования с отбором шлиховых и геохимических проб;

- геоморфологическую съемку, съемку четвертичных отложений и ландшафтное картирование;

- бурение картировочных скважин.

Целью общих поисков является обнаружение и оконтуривание перспективных (потенциальных) рудных полей и крупных месторождений простого геологического строения. Поисковые работы направлены на обнаружение признаков рудоносности тех полезных ископаемых, выявление которых наиболее вероятно в данной геологической обстановке.

В задачу общих поисков входит:

- проверка всех выявляемых аномалий и аномальных зон, проявлений полезной минерализации и рудопроявлений, выяснение их геологической природы, минералого-геохимических особенностей, связей со структурными элементами коренных пород и перекрывающих рыхлых образований;

- выборочная детализационная оценка участков наиболее перспективных рудопроявлений (эталонных участков) для уточнения поисково-оценочных критериев их рудоносности;

- оценка вероятных масштабов выявленных потенциальных полей и месторождений с подсчетом их прогнозных ресурсов по категории  $P_2$ .

В результате геологической съемки составляется геологическая карта масштаба 1:50 000 (при весьма сложном геологическом строении — 1:25 000), специализированная на комплекс прогнозируемых полезных ископаемых, ландшафтная, геоморфологическая геохимическая и другие специализированные карты, а также уточняются прогнозные карты и оценки ресурсов потенциальных рудных узлов с учетом новых данных, полученных в процессе проведения геологической съемки. Обнаруженные при съемке проявления полезных ископаемых детализируются и классифицируются по степени их перспективности с оценками прогнозных ресурсов по категории  $P_2$ . В случае больших размеров и высокой перспективности участков выявленных рудопроявлений работы последующей поисковой стадии могут быть начаты до завершения геологосъемочных работ.

В тех случаях, когда комплексы горных пород, перспективные на выявление полезных ископаемых, перекрыты более поздними отложениями и залегают на глубинах, доступных для эксплуатации, в границах потенциальных рудных узлов проводится глубинное геологическое картирование. С этой целью применяется картировочное бурение (примерно одна скважина на 1 км<sup>2</sup>) с широким использованием скважинной геофизики, современных геологопетрографических и минералого-геохимических методов, включая геохимическое опробование скважин.

По результатам глубинного геологического картирования составляются: геологическая карта поверхности фундамента, карты его глубинных срезов (горизонтов) и прогнозная карта с оценкой прогнозных ресурсов потенциального рудного узла на глубине по категории  $P_3$  и оконтуриванием наиболее перспективных площадей для постановки глубинных поисков.

*Общие поиски полезных ископаемых* проводятся на территориях потенциальных рудных узлов при подтверждении их перспективности в процессе геологической съемки или глубинного геологического картирования и следуют непосредственно за ними. При простом геологическом строении района и крупных размерах месторождений поиски могут проводиться сразу после завершения геологической съемки масштаба 1:200 000 (1:100 000). В процессе общих поисковых работ выборочные детализационные наблюдения целесообразно проводить только на самых контрастных и обширных аномальных участках, расположенных в контурах потенциальных рудных полей. Сеть наблюдений на одном-двух таких участках сгущается до детальности, предъявляемой к масштабу 1:10 000, и в дальнейшем они используются как эталоны для оценки перспектив и прогнозных ресурсов всех выявленных потенциальных рудных полей или крупных месторождений простого геологического строения.

Оценки прогнозных ресурсов рудных полей проводятся по продуктивностям потоков рассеяния элементов-индикаторов или полезных минералов или по продуктивностям локальных ареалов

рассеяния. Прогнозные ресурсы рудных полей и крупных месторождений простого строения оцениваются по категории  $P_2$ .

### § 3. Поисковые работы

Объектами поисковых работ являются потенциальные рудные поля, в пределах которых общими поисками выявлены проявления конкретного комплекса полезных ископаемых, но еще не оконтурены рудоносные площади вследствие сложности их геологического строения или из-за трудностей выявления поисковых признаков.

Целью поисковых работ является обнаружение и оконтуривание участков потенциальных месторождений определенных видов полезных ископаемых с суммарной оценкой их прогнозных ресурсов. От общих поисков они отличаются более густой сетью поисковых маршрутов, широким применением поверхностных горных выработок и скважин поискового бурения, специализацией и разнообразием поисковых методов, среди которых преобладают наземные модификации геофизических и геохимических съемок, с опробованием коренных пород, рыхлых отложений, природных вод, газов и растительного покрова.

Масштабы поисковых работ могут изменяться от 1:50 000 до 1:5 000; в зависимости от видов полезных ископаемых, размеров и сложности строения рудных полей и месторождений.

Поиски месторождений большинства цветных, редких и благородных металлов проводятся в масштабе 1:10 000, а поиски небольших по размерам месторождений пьезооптических минералов, драгоценных камней и других весьма ценных полезных ископаемых — в масштабе 1:5 000.

Выборочные детализационные работы со сгущением сети наблюдений до масштаба 1:2 000 проводятся на участках наиболее контрастно проявленных аномалий и проявлений полезной минерализации, сопоставимых с площадями выходов потенциальных месторождений полезных ископаемых. В дальнейшем они используются в качестве эталонных при уточнении поисковых критериев и оценке остальных потенциальных месторождений аналогичного геолого-промышленного типа в пределах всей площади поисковых работ.

В итоге проведения поисковых работ в пределах потенциальных рудных полей оконтуриваются участки концентраций признаков и проявлений полезных ископаемых и оцениваются их суммарные прогнозные ресурсы по категории  $P_2$ . Прогнозные ресурсы участков детализационных работ оцениваются, как правило, по категории  $P_1$ .

При оценках прогнозных ресурсов потенциальных рудных полей и месторождений должны учитываться вероятные технологические свойства полезных ископаемых, природные условия эксплуатации, а также влияние экономико-географических и социально-экономических факторов. Ресурсы рекомендуется учитывать отдельно по месторождениям различных формационных типов с оценкой ожи-

даемых глубин и условий залегания полезных ископаемых, а также соотношений убогих, рядовых и богатых рудных концентраций. Представления о технологических свойствах полезных ископаемых прогнозируются по аналогии с хорошо изученными месторождениями данного типа, а влияние географо-экономических условий — с применением карт или схем географо-экономического районирования СССР. При определении возможных объемов капитальных вложений и сроков освоения прогнозируемых объектов должны учитываться вероятные способы вскрытия месторождений и инфраструктура опосредованного района.

#### § 4. Поисково-оценочные работы

Поисково-оценочные работы занимают в геологоразведочном процессе особое место, как стадия, переходная от поискового этапа к разведочному. В общей структуре затрат на геологоразведочные работы эта стадия является самой капиталоемкой, поглощая от 20 до 50 % и более общих вложений на геологоразведочные работы.

Это объясняется целевым заданием поисково-оценочных работ, которое сводится к массовой разработке всех выявленных потенциальных месторождений и к прогнозной геолого-экономической оценке объектов, заслуживающих постановки разведочных работ.

В отличие от всех других стадий геологоразведочных работ объекты исследования, оценки и оконтуривания на этой стадии практически совпадают. Ими являются потенциальные месторождения полезных ископаемых, которые по результатам прогнозной геолого-экономической оценки либо подтверждаются как имеющие вероятное промышленное значение, либо отбраковываются как не заслуживающие дальнейшего изучения.

В задачи поисково-оценочных работ входит:

— выявление основных геолого-структурных особенностей месторождений, определяющих закономерности пространственного размещения полезных ископаемых в контурах промышленного оруденения;

— окончательное определение геолого-промышленного (формационного и фациального) типа месторождения и минеральных типов полезного ископаемого;

— оконтуривание площади месторождения в плане и подтверждение наличия промышленного оруденения на глубинах первых сотен метров от поверхности;

— выборочная оценка условий залегания, морфологии, строения и характеристик изменчивости скоплений полезного ископаемого на эталонных, как правило, наиболее доступных участках месторождения;

— прогнозная оценка технологических свойств минерального сырья и горно-геологических условий эксплуатации месторождения с их детализацией по данным изучения эталонных участков;

— сбор исходных данных для определения браковочных кондиций к оценке запасов и ресурсов месторождения;

— оценка прогнозных ресурсов месторождения и подсчет предварительно оцененных запасов полезного ископаемого (по категории С<sub>2</sub>) по участку детализационных работ.

Поисково-оценочные работы включают в себя крупномасштабное картирование и детальное геолого-минералогическое изучение строения и состава полезного ископаемого и вмещающих его пород, проведение целенаправленных геофизических и геохимических исследований, с применением поверхностных горных выработок, картировочных, поисковых и разведочных скважин, преимущественно колонкового бурения. При залегании полезных ископаемых под покровами рыхлых отложений небольшой мощности их выходы прослеживаются и оконтуриваются густой сетью поисково-картировочных скважин и горных выработок. По совокупности поисково-съемочных данных составляется геолого-структурная карта месторождения масштаба 1:2 000, на которую выносятся данные опробования полезного ископаемого. Для крупных месторождений простого строения составляются карты масштаба 1:5 000 — 1:10 000 (для небольших месторождений сложного строения — масштаба 1:1 000). На объектах, полностью скрытых под мощными отложениями или вообще не выходящих на дневную поверхность, поисково-оценочные работы осуществляются по редкой сети разведочных скважин. Большая вероятность получения отрицательных оценок изучаемых объектов приводит к тому, что при выборе комплекса технических средств, последовательности проведения горно-разведочных выработок и бурения разведочных скважин первостепенное значение имеют соображения экономии денежных средств и материальных ресурсов. Только после подтверждения хотя бы нескольких кондиционных пересечений рекомендуется переходить к выявлению общих закономерностей пространственного размещения полезного ископаемого в масштабе всего объекта и лишь затем — к буровым работам для оценки перспектив рудоносности на глубину.

Общее число кондиционных и некондиционных разведочных скважин достигает на месторождениях среднего масштаба полутора-двух десятков. Оно заметно возрастает на месторождениях, не имеющих выхода на дневную поверхность. Участки месторождений, изученные системами редких разведочных скважин, используются в качестве детализационных.

В процессе проведения поисково-оценочных работ весьма важно как можно раньше выявить полный комплекс полезных компонентов для правильной геолого-прогнозной оценки месторождения. Поскольку большинство месторождений полезных ископаемых являются комплексными, необходимо уже на стадии поисково-оценочных работ проводить тщательные минералого-геохимические исследования и анализы. Следует иметь в виду несколько видов проявления комплексности месторождений, когда:

— в одном рудном минерале содержится несколько полезных компонентов (например, лопарит, содержащий в своем составе редкие земли, титан, ниобий, тантал, или сфалерит, содержащий

кроме цинка примеси кадмия, индия, галлия и др. рассеянных элементов);

— в пределах месторождения содержится несколько полезных минералов, каждый из которых содержит свой набор полезных сопутствующих компонентов — в контуре промышленного оруденения встречаются породообразующие или жильные минералы, которые могут попутно извлекаться и использоваться (например, кальцит в карбонатах, полевые шпаты в редкометалльных пегматитах, кварц в грейзенах и др.);

— в контурах месторождения включены полезные вмещающие породы (огнеупорные глины, мел, строительные материалы и др.).

При оценке перспектив комплексного использования минерального сырья данного месторождения следует иметь в виду и возможности утилизации будущего производства — отвалных хвостов обогатительных фабрик, шлаков, огарков, кеков и др.

Для суждения о технологических свойствах минерального сырья, общей ориентировочной оценки технологических свойств руд и предварительного выделения их технологических типов отбирается полтора-два десятка малых технологических проб. Схемы и режимы переработки минерального сырья принимаются по аналогии с эталонными месторождениями. Если же оценке подлежат полезные ископаемые новых, ранее неизвестных технологических типов, минералого-технологические пробы для лабораторных исследований должны отбираться и испытываться уже на стадии поисково-оценочных работ.

Для подсчета запасов и ресурсов полезных ископаемых используются браковочные кондиции, ориентированные на максимально допустимые (замыкающие) затраты с поправками на вероятное ухудшение (или улучшение) горно-геологических и географо-экономических условий по сравнению со средними.

Оценка прогнозных ресурсов по результатам поисково-оценочных работ производится по категории  $P_1$  по совокупности геологических, геофизических и геохимических данных, с использованием результатов опробования поверхностных горных выработок, поисковых и разведочных скважин. На участках детализационных работ промышленные концентрации полезных ископаемых оконтуриваются и подсчитываются по категории  $C_2$ . Оценка прогнозных ресурсов проводится путем распространения подсчетных данных на фланги и глубину методами экстраполяции средней продуктивности и геохимическими методами по первичным ореолам рассеяния элементов-индикаторов и спутников оруденения или по их остаточным ореолам в автохтонных отложениях. Прогнозные ресурсы и предварительно оцененные запасы учитываются отдельно по минеральным (технологическим) типам, с оценками вероятных горно-геологических условий их залегания и соотношений убогих, рядовых и богатых концентраций полезных компонентов.

По результатам поисково-оценочных работ составляются технико-экономические соображения (ТЭС) о возможном промышленном значении месторождения, которые служат обоснованием для

принятия решения о целесообразности проведения на нем предварительных разведочных работ.

В ТЭС подробно рассматриваются и оцениваются географо-экономические условия месторождения, его геологическое строение и горнотехнические особенности, предполагаемые способы добычи, транспортировки и переработки минерального сырья. Высказываются ориентировочные соображения о способах вскрытия, системах разработки и возможной производительности будущего горного предприятия, объеме и качестве товарной продукции в натуральном и денежном выражении с учетом действующих оптовых цен и замыкающих затрат. Извлекаемая ценность тонны полезного ископаемого, годовая стоимость товарной продукции, ориентировочные капитальные вложения и их эффективность, возможные прибыль и рентабельность будущего предприятия оцениваются сравнительными методами по аналогии с эксплуатируемым месторождением, принятым за эталон.

В заключение ТЭС, на основе сравнительного геолого-экономического анализа и ориентировочных технико-экономических показателей возможного горного предприятия, высказываются рекомендации о целесообразности проведения на объекте предварительных разведочных работ. Хотя достоверность геолого-разведочной информации еще недостаточна для полного решения вопроса о промышленной ценности месторождения и рекомендации, высказанные в ТЭС, являются условными, они тем не менее позволяют уверенно отбраковать многочисленные, заведомо непромышленные объекты и ранжировать положительно оценочные объекты по очередности их вовлечения в предварительную разведку.

#### Контрольные вопросы

1. Перечислите стадии геологоразведочных работ, на которых проводятся прогнозирование и поиски полезных ископаемых.
2. В чем заключаются целевое назначение и задачи регионального геологического изучения территории СССР?
3. Охарактеризуйте объекты изучения, оценки и геометризации при проведении региональных геолого-геофизических исследований масштаба 1:1 000 000 — 1:500 000.
4. Что является объектами изучения, оценки и геометризации при проведении работ масштаба 1:200 000 (1:100 000)? Какие методы поисков эффективны при работах данного масштаба?
5. Где и для чего проводятся выборочные детализационные наблюдения на стадии региональных геологических работ?
6. Какие методы оценки прогнозных ресурсов используются на стадии региональных геологосъемочных работ? По каким категориям оцениваются прогнозные ресурсы на этой стадии?
7. Каковы цели и задачи стадии геологической съемки масштаба 1:50 000 с общими поисками?
8. Охарактеризуйте содержание работ по геологической съемке масштаба 1:50 000 (1:25 000) и перечислите набор специализированных карт, составляемых по ее результатам.
9. Какими техническими средствами и методами проводится глубинное геологическое картирование и какие документы составляются по его результатам?
10. Перечислите технические средства и важнейшие поисковые методы на стадии общих поисков.

11. Какие методы оценки прогнозных ресурсов наиболее эффективны на стадии общих поисков?

12. Охарактеризуйте цели и задачи стадии поисков полезных ископаемых. В каких масштабах они проводятся?

13. Для чего и в каких объемах проводятся детализационные работы в процессе общих поисков и более детальных поисковых работ?

14. По каким категориям оцениваются прогнозные ресурсы по результатам поисковых работ?

15. Каковы цели и задачи поисково-оценочных работ? В чем заключаются особенности объектов изучения?

16. Охарактеризуйте технические средства, методы геологоразведочных работ, последовательность их проведения на этой стадии.

17. Какие требования предъявляются к изучению комплекса полезных компонентов и к оценке перспектив комплексного использования минерального сырья на стадии поисково-оценочных работ?

18. Какими методами и по каким категориям оцениваются и подсчитываются ресурсы и запасы полезных ископаемых на стадии поисково-оценочных работ?

19. Для чего составляются технико-экономические соображения (ТЭС)? Охарактеризуйте их содержание и требования к геолого-экономической оценке месторождений по данным поисково-оценочных работ.

## Глава 12.

### **ОСОБЕННОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ ДОПРОЕКТНЫХ РАЗВЕДОЧНЫХ РАБОТ**

До составления проекта строительства горного предприятия на выявленных месторождениях полезных ископаемых проводятся работы по их разведке, которые осуществляются в две последовательные стадии — предварительную и детальную.

#### **§ 1. Предварительная разведка**

*Цели, задачи и объекты исследования.* Предварительной разведке подвергаются все вновь выявленные рудопоявления (месторождения) полезных ископаемых, получившие, согласно ТЭС, положительную геолого-экономическую оценку по результатам поисково-оценочных работ.

Целью предварительной разведки является выяснение общих масштабов промышленной минерализации и среднего качества минерального сырья, общая оценка его технологических свойств и горно-геологических условий эксплуатации месторождения для решения вопросов о целесообразности и очередности его промышленного освоения.

На стадии предварительной разведки вероятно получение как положительной, так и отрицательной геолого-экономической оценки месторождения. Из числа положительно оцененных месторождений далеко не все сразу же осваиваются горной промышленностью. Возможность отбраковки части месторождений после завершения предварительных разведочных работ предопределяет необходимость строгой экономии материальных и денежных ресурсов в про-

цессе их проведения и получения однозначной геолого-экономической оценки месторождения с минимальными затратами средств. Все это превращает предварительную разведку в исключительно сложную и ответственную стадию разведочных работ.

Объектами исследования и оценки в стадию предварительной разведки являются не отдельные зоны или залежи полезного ископаемого, а месторождение в целом, в пределах его естественных границ. Месторождения могут быть представлены одной продуктивной зоной (толщей) или совокупностью нескольких сближенных продуктивных зон, которые рассматриваются на данной стадии в качестве объектов геометризации. В случаях очень крупных масштабов месторождений объектом предварительной разведки может служить его часть, выделенная в условных границах. Элементами оценки служат отдельные подсчетные блоки в контурах продуктивных зон (толщ) или небольшие обособленные участки месторождения.

Главные задачи предварительной разведки сводятся к:

- изучению общих геолого-структурных особенностей месторождения, основных закономерностей пространственного размещения полезной минерализации, состава вмещающих пород и важнейших рудовмещающих структур;

- выявлению общих контуров месторождений, среднего качества полезного ископаемого, условий залегания, морфологии, строения и характеристик изменчивости геологоразведочных параметров отдельных продуктивных зон или самостоятельных участков месторождения по их мощности, простирацию и падению;

- выборочной оценке условий залегания, морфологии, строения и характеристик изменчивости геологоразведочных параметров типичных продуктивных залежей в пределах эталонных участков;

- выявлению технологических типов полезного ископаемого, их примерных количественных соотношений и главных особенностей технологической переработки;

- оценке общих горно-геологических условий эксплуатации на различных горизонтах и флангах месторождения с их детализацией в пределах эталонных участков;

- сбору исходных данных для расчета ориентировочных технико-экономических показателей возможной эксплуатации месторождения и обоснования временных кондиций при составлении ТЭДа;

- подсчету запасов категории  $C_2$  по всему месторождению и запасов категории  $C_1$  — в пределах участков дегализации геологоразведочных работ

*Технические средства геологоразведочных работ.* В стадию предварительной разведки на объекте проводится широкий и разнообразный комплекс геологоразведочных работ. Основными техническими средствами предварительной разведки являются: поверхностные горные выработки (канавы, траншеи, шурфы) и буровые скважины, преимущественно колонкового бурения. Под-

земные горные выработки проходятся по возможности в ограниченных объемах. С усложнением геологического строения месторождений роль подземных горных выработок, как основного технического средства предварительной разведки, возрастает.

Необходимость оценки промышленной значимости месторождения в короткие сроки и с наименьшими затратами способствует широкому применению методов подземной геофизики, как основного технического средства предварительной разведки. Применение методов радиоволнового просвечивания, вызванной поляризации, подземных гравиметрических, термических, магнитометрических и пьезоэлектрических в скважинных вариантах обеспечивает выявление рудных тел в участках между разведочными пересечениями и разрезами, способствуя сокращению разведочных пересечений.

При выборе технических средств учитывают характер связи полезных ископаемых с элементами геологической структуры, морфологические особенности и строение скоплений полезных ископаемых, реже — особенности географо-экономического положения месторождения. Используя подземные горные выработки как одно из технических средств, следует иметь в виду, что на стадии предварительной разведки, когда данные о конкретном пространственном размещении залежей полезного ископаемого в недрах еще отсутствуют, возможность рационального расположения разведочных горных выработок с учетом будущих горно-эксплуатационных требований практически исключается.

После выявления общих контуров и положительной оценки месторождения в задачу предварительной разведки входит проведение детализационных работ на типичных (эталонных) участках месторождения для выявления особенностей его строения в масштабе продуктивных залежей. Создание хотя бы двух взаимно ортогональных разведочных разрезов с предельно густой сетью разведочных пересечений, сопоставимой с мощностями продуктивных залежей, обеспечивает получение исходной информации об изменчивости геологоразведочных параметров в масштабах отдельных продуктивных залежей. Это необходимо для правильной интерпретации разведочных данных по редкой сети наблюдений, а также для суждения о рациональной геометрии разведочной сети при проектировании детальных разведочных работ.

*Документация и опробование разведочных выработок и скважин.* К качеству и полноте геологической, геофизической и минералого-геохимической документации скважин и разведочных выработок предъявляются повышенные требования, так как только предельная полнота и высокая достоверность исходных данных могут компенсировать ограниченность числа разведочных пересечений и малую плотность разведочной сети. Нередко в процессе предварительной разведки сложившиеся ранее представления коренным образом меняются и требуют полного пересмотра, в связи с чем возникает необходимость изменения легенды, повторной (до-

полнительной) документации пройденных пересечений и пересоставления сводных документов.

При опробовании горных выработок и скважин рекомендуется применять оправдавшие себя на практике наиболее совершенные способы пробоотбора, увеличивать количество частных проб, сокращать интервалы опробования до долей метра или отбирать секционные пробы малой длины для повышения детальности изучения внутреннего строения полезных ископаемых в направлении максимальной изменчивости их свойств. Бороздовые пробы рекомендуется отбирать по обеим стенкам горных выработок для получения объективных данных о пространственной изменчивости содержания полезных компонентов, при шаге опробования порядка 2 м.

Ядерно-физические и другие прогрессивные методы опробования разведочных скважин и горных выработок должны применяться на стадии предварительной разведки с самого начала работ, дублируя механические методы пробоотбора, для накопления сравнительного материала о возможности и условиях применения их в процессе последующих детальных и эксплуатационных разведочных работ.

Для выявления всех возможных полезных компонентов с самого начала предварительной разведки месторождения рекомендуется тщательное и всестороннее минералого-геохимическое изучение как основных полезных минералов и элементов примесей в них, так и важнейших породообразующих и жильных минералов.

*Технологические свойства полезных ископаемых* определяются на стадии предварительной разведки с детальностью, позволяющей судить о возможности промышленного использования добываемого минерального сырья, принципиальной схеме его технологической переработки и о более вероятной ее экономической эффективности.

До отбора технологических проб предварительно выделяются природные типы руд, из которых отбирают типовые минералоготехнологические пробы, компонуемые из групповых, пропорционально выделенным разновидностям руд. На них разрабатывают принципиальные схемы и режимы обогащения природных типов руд и стандартные схемы обработки малых проб. На исходных навесках этих проб по стандартным методикам производят изучение вещественного состава и некоторых физико-механических свойств руд. По результатам изучения малых технологических проб выявляют технологическую неоднородность природных типов руд и соответствие их различным технологическим типам и сортам. На заключительном этапе предварительной разведки, по совокупности всех полученных данных составляют технологические карты и разрезы для подсчета запасов руд по различным технологическим типам и сортам.

В случаях особо сложного минерального состава полезного ископаемого, а также при разведке месторождений новых, еще не освоенных промышленностью технологических типов минераль-

ного сырья, может потребоваться проведение технологических испытаний на типовых полупромышленных пробах.

В разведочных скважинах и горных выработках проводятся структурно-геологические, гидрогеологические и инженерно-геологические наблюдения с отбором образцов полезного ископаемого и вмещающих пород для определения их физико-технических свойств — крепости, буримости, трещиноватости, кусковатости, коэффициентов разрыхления и др. По результатам гидрогеологических и инженерно-геологических наблюдений в стадию предварительной разведки производится приближенный расчет возможных водопритоков в эксплуатационные горные выработки и предварительная оценка инженерно-геологических условий разработки месторождения. На месторождениях крупного масштаба с хорошим качеством полезных ископаемых, но со сложными гидрогеологическими и инженерно-геологическими условиями в стадию предварительной разведки проводится комплекс специализированных гидрогеологических и инженерно-геологических работ.

Детальность изучения технологических свойств минерального сырья, горно-геологических и инженерно-геологических условий эксплуатации в стадию предварительной разведки месторождения должна соответствовать требованиям категории С<sub>1</sub>.

*Обобщение первичных материалов и создание геологических моделей.* Составление геологических карт, разрезов и проекций, отражающих результаты предварительных разведочных работ, проводится на топографо-геодезической основе с инструментальной привязкой всех изученных естественных и искусственных обнажений. При обобщении данных геологических съемок результатов документации и опробования эталонных участков используются методы горно-геометрического и геолого-математического моделирования.

*Методика подсчета запасов.* Подсчет запасов производится на основании временных кондиций, которые составляют в период завершения предварительной разведки с учетом опыта эксплуатации месторождения аналогичного геолого-промышленного типа.

При расчетах кондиций возможные масштабы горнорудного предприятия определяются по сумме запасов категорий С<sub>2</sub> и С<sub>1</sub> с учетом геологически обоснованных прогнозных ресурсов категории Р<sub>1</sub> на глубоких горизонтах и флангах разведваемого месторождения.

Редкая сеть и ограниченное количество разведочных пересечений создают объективные трудности при оконтуривании промышленно-ценных скоплений полезных ископаемых. Объектами оконтуривания предварительных разведочных работ являются продуктивные зоны, а не слагающие их продуктивные залежи, выявление и оконтуривание которых на этой стадии возможно только выборочно, на участках детализационных работ.

Запасы, подсчитанные по данным предварительной разведки, квалифицируются по категории С<sub>2</sub>. При разведке сложно по-

строенных месторождений кондиции к оконтуриванию запасов используются только для выделения рудных интервалов по разведочным пересечениям, а обобщающие контуры продуктивных зон проводятся по совокупности литолого-фациальных, структурных, минералого-геохимических и других геологических критериев. Реже устанавливаются кондиции к оконтуриванию самих продуктивных зон по заданному содержанию ценного элемента в геохимическом ореоле или по предельно допустимому размеру пустого прося, учитываемого коэффициентом рудоносности.

Приповерхностные и эталонные участки продуктивных зон, разведанные значительно более густой сетью горных выработок и скважин, оконтуриваются как самостоятельные подсчетные блоки, запасы которых могут квалифицироваться по более высокой категории (обычно по категории  $C_1$ ). Классификацией ГКЗ СССР установлены оптимальные соотношения запасов категорий  $C_2$  и  $C_1$ : для месторождений 1 группы — в пределах 40—50 %, а для 2 и 3 групп 30—40 % запасов категории  $C_1$  от суммарных запасов. Месторождения четвертой группы могут разведываться только до категории  $C_2$ .

Геологические отчеты по результатам предварительной разведки рассматриваются и утверждаются ТКЗ. Предварительно разведанные запасы уникальных месторождений и месторождений, оказывающих заметное влияние на состояние минерально-сырьевой базы страны по данному виду минерального сырья, могут рассматриваться в ГКЗ при Совете Министров СССР.

*Оценка экономической эффективности промышленного использования месторождения.* По совокупности материалов предварительной разведки составляется технико-экономический доклад (ТЭД), в котором обуславливается экономическая целесообразность и рекомендуются сроки промышленного освоения месторождения. В технико-экономических докладах высказываются предварительные соображения о возможных способах вскрытия и системах разработок месторождений, масштабах добычи, технологических схемах переработки минерального сырья и качества товарной продукции. С использованием конкретных данных предварительной разведки (по аналогии с действующими предприятиями) рассчитываются показатели, характеризующие ценность месторождения, эффективность его эксплуатации и эффективность капиталовложений.

Ценность месторождения характеризуется предварительно оцененными запасами полезного ископаемого и содержаниями полезных компонентов. Из показателей эффективности эксплуатации месторождения рассчитываются: ожидаемая годовая производительность рудника, выпуск товарной продукции в натуральном и денежном выражениях, себестоимость продукции, рентабельность эксплуатации и уровень рентабельности в процентах к производственным фондам. Для оценки эффективности капиталовложений определяются: капитальные затраты на строительство горных предприятий, удельные капитальные затраты, срок окупаемости

капитальных вложений и уровень рентабельности на вложенные средства. Оценочные показатели рассчитываются по отношению к суммарным запасам месторождения без их детализации по отдельным залежам, горизонтам, блокам и участкам.

## § 2. Детальная разведка

*Цели, задачи и объекты исследования.* Детальная разведка проводится лишь на тех месторождениях, которые получили положительную геолого-экономическую оценку по результатам предварительных разведочных работ и заслуживают, по заключению ТЭДа, первоочередного промышленного освоения.

Целью детальной разведки является уточнение сведений о запасах, качестве полезного ископаемого, технологических свойствах минерального сырья и горно-геологических условий эксплуатации месторождения по его отдельным участкам, залежам и блокам для проектирования горного предприятия. По результатам детальной разведки производится генеральный подсчет запасов, расчет вариантов технико-экономических показателей промышленного освоения месторождения и его полная геолого-экономическая оценка.

Границы детальной разведки определяются на небольших и средних месторождениях их контурами, установленными в процессе предварительных разведочных работ. Детальная разведка сближенных территориально мелких месторождений производится одновременно на нескольких из них. На крупных месторождениях детально разведываются только участки первоочередного освоения с разведанными запасами, обеспечивающими работу горнодобывающего предприятия на нормативный срок (порядка 8—10 лет).

Основная цель детальной разведки сводится не столько к уточнению общих цифр запасов и средних значений важнейших геологоразведочных параметров по месторождению в целом, сколько к детализации сведений, характеризующих пространственное размещение, условия залегания, морфологию и строение отдельных продуктивных залежей, их участков и блоков, оценке содержащихся в них запасов и качества полезного ископаемого.

Основными объектами изучения в стадию детальной разведки являются продуктивные зоны (толщи) или морфологически обособленные участки месторождения, а объектами геометризации — отдельные продуктивные залежи. Под продуктивными залежами понимаются такие скопления полезных ископаемых, которые представляют собой объекты самостоятельной горной подготовки. Они могут быть представлены практически сплошными скоплениями полезного ископаемого или совокупностью сближенных, но пространственно изолированных скоплений. В качестве элементов оценки выступают отдельные подсчетные блоки в контурах продуктивных залежей.

Главными задачами детальной разведки являются:

— изучение геолого-структурных особенностей, закономерностей пространственного размещения и условий рудоконтроля про-

дуктивных залежей, их минерального и литолого-петрографического состава вмещающих пород;

— выявление контуров, условий залегания, морфологии и строения каждой продуктивной залежи, характеристик изменчивости геологоразведочных параметров и качества полезного ископаемого по их мощности, простиранию и падению;

— выборочная оценка строения и характеристик изменчивости геологоразведочных параметров полезного ископаемого в пределах эксплуатационных участков и блоков;

— детальное изучение вещественного состава полезного ископаемого и его технологических свойств отдельно по каждому технологическому типу минерального сырья с проведением технологических испытаний в полупромышленном, а если необходимо, то и в промышленном масштабах;

— детальное изучение горно-геологических, гидрогеологических и инженерно-геологических условий эксплуатации месторождения по отдельным продуктивным залежам и их участкам с предельной детализацией данных на эталонных участках;

— выявление и разведка источников питьевого и технического водоснабжения, местных строительных материалов, строительных площадок и др.;

— разработка кондиций, подсчет запасов категорий А, В и С<sub>1</sub> по отдельным залежам и участкам детализационных работ и запасов категории С<sub>2</sub> на флангах и глубоких горизонтах месторождения.

*Технические средства и общая последовательность геологоразведочных работ.* В отличие от стадии предварительной разведки решающее значение на выбор технических средств детальных разведочных работ оказывают не только геологические, но и некоторые горно-технологические факторы. Месторождения, намечаемые к отработке открытым способом или путем подземного выщелачивания, разведуются преимущественно буровыми скважинами, а месторождения, предназначенные к отработке подземным способом,— в большей степени горными выработками. Возможность использования разведочных горных выработок при последующей эксплуатации месторождения зависит от сложности его геологического строения и масштабов промышленной минерализации. Если месторождение залегает в простых геологических условиях, при проектировании и проходке вскрывающих и подходных горноразведочных выработок должны учитываться не только разведочные, но и будущие эксплуатационные требования, вплоть до того, что детальная разведка может совмещаться во времени со вскрытием месторождения. В месторождениях со сложным геологическим строением проведение горноразведочных выработок с учетом их использования при будущей эксплуатации нецелесообразно из-за недостатка данных об условиях залегания, морфологии, строения и пространственном размещении продуктивных залежей. В таких случаях при будущей разработке месторождения возможно использование лишь вскрывающих и некоторых подход-

ных выработок (стволов шахт, откаточных квершлагов или штреков), места заложения и направления которых должны выбираться с учетом требований будущей эксплуатации месторождения.

При детальной разведке мелких месторождений, независимо от их сложности, следует стремиться к тому, чтобы вскрываемые горные выработки могли быть в дальнейшем использованы для отработки разведанных запасов, поскольку в условиях мелкого горного предприятия проходка новых горно-капитальных выработок, как правило, экономически нецелесообразна.

Геометрия разведочной сети устанавливается в начале детальной разведки по данным изучения эталонных участков в процессе предварительных разведочных работ.

В условиях слабо расчлененного рельефа и пологих падений продуктивных залежей развитие разведочной сети производится сначала в приповерхностных участках, преимущественно в горизонтальных направлениях с максимальным охватом флангов месторождения, и только после детального изучения его поверхностных горизонтов начинается развитие разведочной сети на глубину. В условиях расчлененного рельефа детальную разведку начинают обычно с наиболее глубоких горизонтов, доступных для штольневого вскрытия, что способствует быстрой и объективной оценке центральных, часто наиболее продуктивных участков месторождений.

Месторождения или их участки, намеченные под детальную разведку, изучаются сначала по разведочной сети, обеспечивающей оценку и подсчет запасов полезного ископаемого во всем объеме по категории  $C_1$ , после чего производятся детализационные разведочные работы на эталонных участках. Эталонные участки должны быть типичными по отношению к основной массе запасов как с точки зрения геологического строения месторождения и вещественного состава полезного ископаемого, так и по геологоразведочным параметрам продуктивных залежей. На месторождениях первой и второй групп по классификации ГКЗ СССР разведанность запасов на эталонных участках доводится до категорий А и В, а на месторождениях третьей группы сеть разведочных выработок сгущается до пределов, обеспечивающих выяснение всех горно-геологических условий и выбор наиболее эффективных систем отработки месторождения. Практически это означает, что густота разведочной сети должна обеспечивать выявление структуры полезного ископаемого в масштабе эксплуатационного блока.

Детализационные работы должны обеспечивать сбор исходной информации для проектирования горнодобычных работ в масштабах отдельных эксплуатационных участков и очистных блоков. Информация, полученная в результате детализационных работ, используется для обоснования наиболее эффективных систем разработки полезного ископаемого, расчетов вероятных потерь и разубоживания полезного ископаемого при добыче.

При проведении детальных разведочных работ экономически целесообразно предельное сгущение разведочной сети на уча-

стках, сложенных мелкими рудными скоплениями, с весьма изменчивыми контурами и местными осложнениями рудовмещающих структур. Эти участки не определяют основных запасов месторождения, и поэтому их более детальное изучение рациональнее оставить на период эксплуатационных работ.

В отличие от предварительной стадии развитие разведочной сети не обязательно должно производиться строго последовательно. Можно одновременно проходить большое количество горных выработок и разведочных скважин.

На стадии детальной разведки уточняются сведения о генетическом и геолого-промышленном типе месторождения и геологических закономерностях, определяющих комплекс поисково-оценочных критериев рудоносности. Поэтому, кроме оценки запасов по категориям А, В и С<sub>1</sub>, в задачу детальной разведки входит и расширение перспектив месторождения на флангах и глубоких горизонтах путем выявления запасов категории С<sub>2</sub>.

*Геолого-геофизическая документация и опробование.* На стадии детальной разведки резко возрастают объемы работ по геологической документации и опробованию горных выработок и скважин. Поэтому с самого начала детальной разведки исключительно важное значение приобретают правильная организация и контроль работ по геологической документации и опробованию горно-разведочных выработок и скважин.

Для целей документации горно-разведочных выработок рекомендуется широко применять методы фотографирования с использованием цветных фотопленок, а также цветное фотографирование керна колонковых скважин. С целью изучения закономерностей пространственного размещения важнейших полезных минералов и зональности околорудных метасоматитов проводится минералогопетрографическое или минералогическое картирование с составлением соответствующих разрезов и карт.

При опробовании разведочных горных выработок и скважин механические способы пробоотбора следует проводить одновременно с различными ядерно-физическими методами, накапливая сравнительные данные для оценки их достоверности.

После выяснения деталей строения полезных ископаемых в масштабах забоев горных выработок длины отдельных секций или интервалов проб могут быть увеличены до 1—2 м и более, с учетом предполагаемых кондиций к оконтуриванию запасов (рабочей мощности, предельного метра процента и максимально допустимой мощности участков пустых пород). Для суждения о характере изменчивости содержаний при шаге опробования порядка 2—2,5 м целесообразно отбирать борозды по обеим стенкам горных выработок. Необходимо также своевременно выполнять все необходимые операции по контролю процессов пробоотбора, обработки и анализов проб.

При вскрытии ранее пробуренных разведочных скважин горно-разведочными выработками их координаты должны быть обязательно установлены маркшейдерским способом, а участки пере-

сечений полезных ископаемых скважинами должны быть переопробованы. Сопоставления результатов инклинометрии и фактических координат скважин, результатов опробования керна и контрольных проб позволяют судить о фактических погрешностях инклинометрических замеров и опробования керна скважин.

Для изучения технологических свойств полезного ископаемого проводится специальное технологическое картирование и отбираются пробы для лабораторных, полупромышленных и промышленных технологических испытаний. В блоках разведанных запасов по результатам технологического картирования корректируются контуры выделенных технологических типов и сортов руд, уточняется их обогатимость, состав и измельчаемость. По выделенным сортам и типам руд отбираются типовые (сортовые) лабораторные и укрупненно-лабораторные пробы для разработки схем и режимов обогащения руд, после чего отбирают несколько типовых проб для полупромышленных технологических испытаний. В случаях освоения новых технологических типов минерального сырья испытания проводятся и в промышленном масштабе, для чего отбирают одну (или несколько) композитных технологических проб. Места отбора технологических проб выбираются на основе детального анализа геологоразведочных данных, чтобы обеспечить максимальную представительность технологической пробы относительно запасов полезного ископаемого каждого типа или сорта.

Одной из важных задач изучения технологических свойств полезных ископаемых является изучение степени их покусковой контрастности. Высокая контрастность способствует селекции рудных кусков и отдалению пустых пород в процессе добычных работ, что существенно повышает качество добываемого минерального сырья. Покусковая сортировка руд и пустых пород, заключенных в промышленном контуре, может быть основана на резких различиях в цветовой окраске рудных образований и вмещающих пород, на различиях их природной или наведенной радиоактивности, на эффекте люминесценции, магнитных или электрических свойствах некоторых руд. Характеристики степени контрастности руд оцениваются с помощью соответствующих коэффициентов, которые определяются для заданных классов крупности руды экспериментальным или расчетным путем.

Одновременно с проходкой разведочных выработок и скважин в процессе детальной разведки изучаются природные факторы, определяющие условия проведения горноэксплуатационных работ, применительно к каждой продуктивной залежи, а выборочно — применительно к наиболее типичным эксплуатационным участкам и очистным блокам. При необходимости производятся специальные гидрогеологические и инженерно-геологические работы. В течение всего срока детальной разведки систематически проводятся режимные наблюдения за поверхностными и подземными водами, опытные откачки, нагнетания или наливы вод в узлах гидрогеологических скважин, испытания инженерно-геологических и физико-механических свойств полезных ископаемых и вмещающих пород.

*Методика подсчета запасов.* Подсчет запасов по результатам детальной разведки производится на основании кондиций, разработанных для данного месторождения с учетом результатов детальных разведочных работ. Кондиции к подсчету запасов рассчитываются в конце периода детальной разведки, когда основные геологические особенности и главные геологоразведочные параметры продуктивных залежей выяснены уже с достаточной достоверностью и полнотой. Для определения масштаба месторождения и годовой производительности будущего горного предприятия при расчете кондиций учитываются только разведанные запасы категорий  $A+B+C_1$ , а предварительно оцененные запасы категории  $C_2$  принимаются во внимание только при оценке особо сложных месторождений. К началу подсчета запасов кондиции должны быть согласованы с заинтересованными промышленными организациями, рассмотрены и утверждены в ГКЗ СССР.

Сравнительно густая сеть и количество разведочных пересечений, приходящихся на каждый подсчетный блок, позволяют оконтуривать продуктивные залежи полезных ископаемых и выделять внутри них отдельные подсчетные блоки. При проведении контуров, разделяющих подсчетные блоки, учитываются требования к их технологической и геологической однородности, а также установленные кондициями предельные размеры подсчетных блоков.

Основная часть разведанных запасов подсчитывается по результатам детальных разведочных работ по категории  $C_1$ . Запасы более высоких категорий на месторождениях первой и второй групп подсчитываются в пределах детализационных участков, соответственно 10 %  $A$  и 20 %  $B$  для первой и 20 %  $B$  для второй групп. Эти участки должны играть роль эталонных и характеризовать горно-геологические условия, типичные для основной части разведанных запасов. На месторождениях третьей группы около 20 % запасов оценивается по категории  $C_2$ , а на месторождениях четвертой группы доля запасов категории  $C_2$  возрастает до 50 % (а на месторождениях с гнездовым оруденением — до 80 %). Запасы детализационных участков на месторождениях третьей и четвертой групп оцениваются не выше категории  $C_1$ . Использование коэффициента рудоносности при подсчете запасов продуктивных залежей допускается лишь для категории  $C_1$  и, как исключение, для категории  $B$  при значении этого коэффициента не ниже 0,85—0,9.

На угольных месторождениях первой группы (по классификации ГКЗ СССР) доля запасов по категории  $A$  должна достигать 20 %, а по категории  $B$  — 30 %. На месторождениях второй группы сумма запасов, подсчитанных по категориям  $A+B$ , должна быть не менее 50 %, а на месторождениях третьей группы все разведанные запасы могут быть подсчитаны по категории  $C_1$ .

Отчеты по результатам детальных разведочных работ с подсчетом разведанных запасов месторождения рассматриваются и утверждаются в ГКЗ СССР. Они служат основанием для составления технического проекта строительства горного предприятия

и разработки месторождения. Без утверждения запасов в ГКЗ СССР финансирование проектных работ и выделение капиталовложений на строительство горнорудных предприятий не производится.

*Оценка экономической эффективности промышленного использования месторождения.* Детальной разведкой обеспечивается полная оценка экономической эффективности использования месторождения в народном хозяйстве, как одного из поставщиков данного вида минерального сырья. По результатам детальной разведки рассчитываются все исходные данные для составления проекта строительства горного предприятия, т.е. обеспечивается проектная геолого-экономическая оценка месторождения. Ценность месторождения характеризуется не только общими запасами и средними качественными оценками полезного ископаемого, но также разведанными запасами, средними содержаниями полезных компонентов, технологическими свойствами минерального сырья и горно-геологическими условиями эксплуатации месторождения по отдельным продуктивным залежам, участкам и подсчетным блокам.

Эффективность эксплуатации месторождения оценивается по: годовой мощности горного предприятия, выпуску товарной продукции в натуральном и денежном выражениях, себестоимости продукции, рентабельности эксплуатации и уровню рентабельности в процентах к основным фондам не только для месторождения в целом, но и по отдельным его участкам, продуктивным залежам, горизонтам, блокам, различным технологическим типам и сортам полезного ископаемого. Себестоимость продукции, рентабельность и уровень рентабельности оцениваются суммарно и отдельно по добыче полезного ископаемого и по каждому последующему пределу. Для оценки эффективности капиталовложений в строительство горного предприятия определяются: капитальные затраты на строительство промышленного комплекса в целом и по отдельным цехам, удельные капитальные затраты, сроки окупаемости капитальных вложений и уровень рентабельности на вложенные средства в целом по всему промышленному комплексу и отдельно по добыче полезного ископаемого и последующим переделам.

#### Контрольные вопросы

1. Каковы цели и задачи предварительной разведки, объекты ее исследования, оценки и геометризации?
2. Какими факторами определяется выбор технических средств предварительной разведки?
3. В чем заключаются особенности оптимизации разведочной сети и выбора участков детализационных работ?
4. Охарактеризуйте особенности документации и опробования горно-разведочных выработок и скважин на стадии предварительной разведки.
5. В чем заключаются особенности изучения технологических свойств и горно-геологических условий эксплуатации месторождений на стадии предварительной разведки?
6. Охарактеризуйте особенности подсчета запасов полезных ископаемых по результатам предварительной разведки

7 Каковы назначение технико-экономического доклада (ТЭДа) и детальность геолого-экономической оценки месторождения по результатам предварительной разведки?

8 Каковы цели и задачи детальной разведки, объекты ее исследования, оценки и геометризации?

9 Охарактеризуйте технические средства детальной разведки и общую последовательность ведения работ

10 Каково назначение детализационных работ и как следует подходить к выбору эталонных участков?

11 В чем заключаются особенности документации и опробования горных выработок и скважин?

12 Какие требования предъявляются к изучению технологических свойств минерального сырья и горно-геологических условий эксплуатации месторождений на стадии детальных разведочных работ?

13 Охарактеризуйте особенности обоснования кондиций и подсчета запасов полезных ископаемых по результатам детальной разведки

14 Где и для чего используются результаты детальных разведочных работ?

15 В чем заключаются особенности геолого-экономической оценки месторождения по данным детальных геологоразведочных работ?

## Глава 13

### ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫЕ РАБОТЫ В УСЛОВИЯХ ПРОЕКТИРУЕМОГО ИЛИ ДЕЙСТВУЮЩЕГО ГОРНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

После передачи месторождения в промышленное освоение перед геологами горного предприятия возникает необходимость уточнения сведений о разведанных запасах, выявления дополнительных минерально-сырьевых ресурсов, улучшения и совершенствования технологии разработки месторождения и переработки минерального сырья. Решение этих задач входит в обязанности рудничной геологической службы, которая организуется на горном предприятии с первых дней его существования и функционирует на протяжении всего срока эксплуатационных работ.

Перечисленные задачи рудничной геологической службы объединяются в три группы

— выявление и оценка новых запасов полезного ископаемого в районе горного отвода для расширения минерально-сырьевой базы действующего предприятия и продления срока его существования,

— уточнение сведений о разведанных запасах по мере их вскрытия, подготовки и отработки,

— детализация сведений о геологическом строении месторождения и составе полезного ископаемого для контроля за качеством и полнотой отработки запасов и для оказания помощи горному предприятию по совершенствованию технологии разработки месторождения и переработки руд.

Для решения задач первой группы в районе горного отвода предприятия проводятся специальные поисковые и разведочные работы. В действующих методических указаниях о проведении геологоразведочных работ по стадиям они получили название ста-

дии доразведки месторождений Для решения задач второй группы на месторождениях проводится эксплуатационная разведка, а решение задач третьей группы входит в повседневные обязанности рудничной геологической службы

Работы по доразведке, эксплуатационной разведке месторождений и детализации сведений по строению и составу полезных ископаемых проводятся одновременно, как правило, на различных участках месторождения Все они тесно взаимосвязаны друг с другом и в совокупности составляют содержание работ по геологическому обслуживанию действующего предприятия

## § 1. Доразведка месторождений

В течение всего периода эксплуатации месторождения в пределах горного отвода и на его периферии проводятся поисковые и разведочные работы для выявления новых залежей и участков полезного ископаемого Они выполняются геологической службой горного предприятия или геологоразведочными партиями по договоренности с промышленными организациями Однако необходимость доразведки месторождения может возникнуть и до его промышленного освоения, в процессе проектирования горного предприятия Поэтому действующими методическими указаниями предусматривается проведение доразведки как на ранее разведанных, но не освоенных промышленностью, так и на разрабатываемых месторождениях

*Доразведка месторождения, не освоенного промышленностью, проводится при необходимости его дополнительного изучения до вовлечения в разработку Это может быть связано с пересмотром намечавшихся ранее масштабов и технологии добычи, внедрением новых, более прогрессивных методов его разработки и схем переработки минерального сырья, а также с изменением требований к качеству сырья и номенклатуре получаемой из него продукции или несоответствием геологической информации требованиям инструкций ГКЗ СССР Методика доразведки, разведочные системы и плотность разведочной сети определяются ее задачами с обязательным использованием всех материалов предыдущих разведочных работ*

По результатам доразведки месторождения, не освоенного промышленностью, составляется отчет, а в необходимых случаях производится пересчет запасов

*Целью доразведки разрабатываемого месторождения является расширение минерально-сырьевой базы действующего предприятия, что способствует продлению срока его существования*

Объектами изучения и оценки доразведки являются глубокие горизонты и фланги месторождения, а часто и прилегающие к нему перспективные участки рудного поля Объектами геометризации могут служить новые потенциально рудоносные участки рудных полей, продуктивные зоны или залежи, а также участки продуктивных зон или залежей Оценка выявляемых ресурсов

и запасов полезных ископаемых осуществляется в контурах отдельных подсчетных блоков.

В задачи доразведки месторождений входит:

— последовательное доизучение геологического строения флангов, глубоких горизонтов и периферических участков месторождения;

— расширение общих контуров месторождения за счет обнаружения и оконтуривания новых участков, зон или залежей полезных ископаемых, а также оконтуривания уже известных залежей или зон по флангам и на глубину;

— доразведка предварительно оцененных участков месторождения, продуктивных залежей или зон с переводом их запасов в категории разведанных;

— оценка горно-геологических условий эксплуатации вновь обнаруженных скоплений полезных ископаемых и их технологических свойств;

— подсчет доразведанных запасов по отдельным продуктивным зонам и залежам;

— геолого-экономическая переоценка месторождения с учетом вновь выявленных запасов и ресурсов полезного ископаемого.

По детальности проведения геологоразведочные работы при доразведке месторождений могут соответствовать поисковым работам, предварительной или детальной разведке. Однако как поиски новых тел полезных ископаемых, так и дополнительная разведка уже известных залежей принципиально отличны от поисков и разведки новых месторождений, так как в период доразведки уже известны основные закономерности геологического строения месторождения, морфологии и строения тел полезных ископаемых. Работы по доразведке отличаются непрерывностью поисково-разведочного процесса в связи с нечеткостью разделения отдельных подстадий в условиях действующего горного предприятия и зависимостью срока передачи разведываемых объектов в промышленное освоение от сочетания ряда горно-геологических и технологических условий.

Близость действующего горного предприятия часто оказывает заметное влияние на выбор технических средств доразведки месторождений. При проектировании и выполнении этих работ шире, чем на допроектных стадиях разведки, используются подземные горные выработки и буровые скважины из них, особенно при разведках на глубоких горизонтах и флангах месторождения. При обосновании густоты разведочной сети, способов и параметров пробоотбора, методики геологической документации разведочных пересечений, рационального комплекса геофизических и геохимических работ, кондиций к подсчету запасов, методики оконтуривания и подсчета запасов широко используются результаты детального геологического изучения и геолого-математического моделирования важнейших свойств разрабатываемого месторождения, которые в подавляющем большинстве случаев могут быть приняты за эталонные.

Запасы новых перспективных участков, выявляемых по результатам поисковых работ, оцениваются по категории  $C_2$ , а их геолого-экономическая оценка производится в основном методами экстраполяции, по аналогии с уже разведанными и разрабатываемыми участками месторождения.

Доразведка слабоизученных частей эксплуатируемого месторождения проводится для перевода предварительно оцененных запасов  $C_2$  в категории  $C_1$ , а иногда и для прироста запасов категорий  $A + B$  за счет доразведки запасов категорий  $C_1$  и  $C_2$ .

Основные отличия доразведки месторождений от разведки на допроектных стадиях заключаются в особенностях геолого-экономической оценки выявленных объектов, содержание которой заметно различается в зависимости от результатов геологоразведочных работ.

Если доразведкой выявляются дополнительные запасы полезного ископаемого в таких количествах, которые существенно не влияют на величину годовой производительности предприятия, то они рассматриваются как его дополнительные минеральные ресурсы. Подсчет запасов проводится по действующим кондициям в оперативном порядке, а вновь разведанные запасы вовлекаются в эксплуатацию по мере производственной необходимости. Задача экономической оценки сводится к оперативному учету влияния вновь разведанных запасов полезного ископаемого на промышленную значимость месторождения.

При весьма благоприятных результатах доразведки, когда в пределах горного отвода, вблизи обрабатываемого месторождения, на его флангах или на глубоких горизонтах выявляются значительные запасы полезного ископаемого, превышающие ранее утвержденные запасы более чем на 50 %, производится полный пересчет запасов и переутверждение их в ГКЗ СССР. В таких случаях ставится задача по переоценке народнохозяйственной значимости месторождения и обоснованию целесообразности увеличения производственной мощности горного предприятия.

В исключительно благоприятных условиях в результате доразведки может быть выявлено месторождение со столь крупными или высококачественными запасами полезного ископаемого и полезных компонентов, что потребуются полная переоценка масштаба горного предприятия и строительство нового, более мощного промышленного комплекса. Тогда доразведка приобретает самостоятельное значение как разведка нового промышленно-ценного объекта. По целям, задачам и принципам геолого-экономической оценки такая доразведка не отличается от предпроектной, поскольку появляется необходимость ее разделения на несколько последовательных стадий с геолого-экономической оценкой результатов разведочных работ по каждой из них. По результатам первой (предварительной) стадии оцениваются общие масштабы и среднее качество запасов и составляется ТЭД, а по результатам второй (детальной) стадии уточняются все данные, необходимые для составления проекта обработки месторождения и строитель-

ства нового промышленного комплекса. Экономическая оценка такого месторождения проводится при составлении ТЭДа, при разработке кондиций к генеральному подсчету запасов и в процессе составления проекта строительства нового промышленного комплекса. При этом учитывается влияние фактора времени и используются все оценочные показатели.

## § 2. Эксплуатационная разведка

*Целью эксплуатационной разведки* является уточнение сведений о разведанных запасах для рационального планирования, проектирования и своевременного обеспечения фронта горно-капитальных, горно-подготовительных, парезных и очистных работ. По целевому назначению эксплуатационная разведка разделяется на опережающую и сопровождающую добычи полезного ископаемого.

*Опережающая эксплуатационная разведка* проводится одновременно с горно-капитальными, горно-подготовительными и парезными работами для уточнения сведений о запасах по вскрываемым и подготавливаемым эксплуатационным участкам. Ее цель — определение запасов полезного ископаемого и полезных компонентов, среднего качества, состава и условий пространственного размещения полезного ископаемого в пределах каждого эксплуатационного участка и подготавливаемого блока. Данные опережающей эксплуатационной разведки используются для текущего (месячного, квартального, годового) производственного планирования деятельности горного предприятия.

*Сопровождающая эксплуатационная разведка* проводится одновременно с очистными работами для уточнения запасов полезного ископаемого и полезных компонентов, особенностей их пространственного размещения и среднего качества полезного ископаемого в пределах каждого обрабатываемого блока. В процессе сопровождающей разведки уточняются контуры промышленно-ценных скоплений полезного ископаемого, безрудных и некондиционных участков, детали пространственного размещения скоплений различных технологических сортов. Результаты сопровождающей эксплуатационной разведки используются для оперативного (сменного, суточного и декадного) производственного планирования горнодобычных работ.

В задачу обоих видов эксплуатационной разведки входит:

— систематическое изучение вещественного состава, текстурно-структурных особенностей и технологических свойств полезных ископаемых;

— уточнение их физико-механических свойств и свойств вмещающих пород, горнотехнических и инженерно-геологических условий разработки конкретных участков или блоков;

— выявление ранее неизвестных скоплений полезного ископаемого (апофиз, параллельных линз, гнезд и др.) в околорудных пространствах;

— оперативный подсчет запасов по отдельным эксплуатационным участкам и блокам, текущий учет их движения по мере до-разведки, отработки и погашения отдельных блоков.

Объектами изучения и оценки на стадии эксплуатационной разведки являются участки месторождения, подготавливаемые к проведению эксплуатационных работ, а объектами геометризации — отдельные эксплуатационные участки или блоки, в контурах которых и уточняются оценки запасов полезного ископаемого.

По сравнению со всеми предшествующими стадиями разведочных работ эксплуатационная разведка отличается специфическими особенностями, которые определяются ее целевым назначением:

— эксплуатационная разведка производится на протяжении всего периода деятельности горного предприятия, опережая добычу и сопровождая очистные работы в эксплуатационных блоках;

— выбор систем эксплуатационной разведки и ее технических средств определяется способом вскрытия и принятой системой разработки, а густота разведочной сети зависит не только от геологических факторов, но и от технических условий системы отработки, размеров эксплуатационных блоков и требований в отношении селекции, потерь и разубоживания полезного ископаемого;

— в качестве разведочных пересечений широко используются пройденные горно-подготовительные, нарезные и очистные выработки, минные скважины и взрывные шпурь. Специальные разведочные пересечения (скважины, шпурь и, значительно реже, горно-разведочные выработки) проходятся в минимально необходимых объемах, а их расположение зависит от расположения эксплуатационных горных выработок;

— результаты опробования используются не только для оконтуривания скоплений полезных ископаемых и оценки средних содержаний полезных компонентов, но и для контроля за полнотой и качеством отработки;

— возникает необходимость текущего (оперативного) учета движения запасов.

Выбор технических средств эксплуатационной разведки предопределяется способом вскрытия и принятой системой разработки месторождения.

Опробование горных выработок и скважин приобретает в условиях эксплуатационной разведки массовый характер, а количество отбираемых проб увеличивается по сравнению с детальной разведкой в десятки и сотни раз. Расширяется и круг задач, решаемых с помощью опробования разведочных и эксплуатационных выработок. Кроме определения средних содержаний полезных компонентов и оконтуривания промышленно-ценных скоплений, в задачи опробования входят сбор исходных данных для суждения о полноте отработки недр, оценки вероятных потерь и степени разубоживания полезного ископаемого при эксплуатации.

В процессе эксплуатационной разведки продолжают работы по дальнейшему изучению и детализации технологических свойств

полезного ископаемого, горно-геологических и инженерно-геологических условий эксплуатации месторождения.

Горнотехнические свойства полезного ископаемого и вмещающих пород (буримость, крепость, взрываемость и др.) определяются по отдельным блокам экспериментально — по хронометражу, а их гранулометрический состав — путем лабораторных исследований образцов. Устойчивость пород устанавливается в отдельных блоках непосредственными наблюдениями в горных выработках.

*Обобщение первичных материалов и создание геологических моделей.* Предельно густая сеть наблюдений позволяет создавать весьма детальные геологические модели разрабатываемых месторождений, которые по своей достоверности могут практически приниматься за «истинные» и служить эталонами для сравнительной оценки степени разведанности запасов на более ранних стадиях. Важнейшими графическими моделями отработанных участков месторождений являются их сводные планы, разрезы и проекции залежей полезных ископаемых на вертикальные или горизонтальные плоскости.

Колоссальная исходная информация о свойствах и важнейших геологоразведочных параметрах полезного ископаемого, наблюдаемая по предельно густой разведочной сети, создает исключительно благоприятные условия для широкого применения методов геометризации недр и геолого-математического моделирования. Для минимизации дисперсий распространения важнейших геологоразведочных параметров при расчетах оценок среднеблочных содержаний полезных компонентов могут использоваться методы геостатистики, дискретного и непрерывного крайгинга.

Главная особенность подсчета и учета запасов в условиях эксплуатационной разведки заключается в том, что запасы полезного ископаемого и полезных компонентов в недрах непрерывно изменяются. На эксплуатационных участках и в отдельных разрабатываемых блоках они уменьшаются вследствие добычи и потерь и в конечном итоге погашаются. Во вскрываемых, подготавливаемых и подготовленных к добыче блоках ранее разведанные запасы доразведуются, а их пространственное положение, условия залегания и качество уточняются, в связи с чем возможно как увеличение, так и уменьшение запасов по отдельным участкам и блокам. В пределах разрабатываемых участков разведочными работами, как правило, выявляются новые скопления полезного ископаемого в виде апофиз, параллельных или слепых залежей, что приводит к увеличению общих запасов эксплуатационного участка. Для того чтобы постоянно иметь отчетливое представление о состоянии минерально-сырьевой базы эксплуатируемого участка действующего предприятия, по результатам эксплуатационной разведки ежегодно составляется полный баланс запасов по состоянию на 1 января очередного года. В балансе отражаются изменения цифр запасов, их качественного состава, степени разведанности и подготовленности к отработке. По-

сколькx баланс запасов отражает их состояние только на установленный момент времени и непрерывно изменяется в течение года, перевод ранее разведанных запасов в более высокие категории и погашение отработанных запасов производятся геолого-маркшейдерской службой горного предприятия в оперативном порядке. В этих условиях оценка степени разведанности запасов по категориям А, В и С<sub>1</sub> становится второстепенной задачей по сравнению с их оценкой по степени подготовленности к выемке. Экономическая оценка по результатам опережающей эксплуатационной разведки проводится по отдельным горизонтам, участкам и блокам месторождения, подготавливаемым к эксплуатации на ближайшие один-два года. Она должна выявить те реальные результаты, которые могут быть получены при эксплуатации подготавливаемых участков месторождения. Данные этой оценки принимаются в основу оптимального текущего планирования производственной деятельности предприятия на предстоящий год с использованием всех оценочных показателей. Особую важность приобретает правильное определение качества минерального сырья и, в частности, содержания основных полезных компонентов в добытых рудах, которые оказывают непосредственное влияние на выпуск товарной продукции и ее себестоимость. Для некоторых видов минерального сырья важно содержание вредных примесей, осложняющих процесс переработки полезного ископаемого.

Результаты опережающей эксплуатационной разведки оказывают влияние и на основные показатели эффективности капитальных вложений, в частности на величину капитальных затрат и на уровень рентабельности на вложенные средства. Путем уточнения данных планируемого года вносятся коррективы в общий срок окупаемости капитальных вложений.

Экономическая оценка результатов сопровождающей эксплуатационной разведки проводится только по отработанным блокам. Ее данные используются для оперативного декадного, суточного и сменного планирования производственной деятельности рудника. При прочих равных условиях особое внимание уделяется количеству запасов полезного ископаемого в блоке, средним содержаниям полезных компонентов, качественной характеристике руд и горно-геологическим условиям их разработки.

### **§ 3. Задачи рудничной геологической службы**

Помимо проведения доразведки и эксплуатационных разведочных работ в задачи рудничной геологической службы входит оказание всесторонней помощи горному предприятию (руднику, шахте или прииску, обогатительной фабрике) в вопросах эксплуатации месторождения с целью повышения ее эффективности. Для выполнения этих задач рудничная геологическая служба:

— оказывает помощь горному цеху в производстве и рационализации процессов добычи полезного ископаемого;

— помогает цехам в переработке минерального сырья, в регулировании качества добываемого полезного ископаемого и оперативном доизучении технологических свойств минерального сырья;

— проводит исследования, способствующие более глубокому познанию условий формирования полезных ископаемых и закономерностей их пространственного размещения, и создает детальные модели обрабатываемых месторождений.

В задачи рудничных геологов входит, кроме того, выявление всех факторов, способствующих более рациональному использованию недр, разработка и проведение в жизнь конкретных мероприятий по их охране и охране окружающей среды. В частности, они должны систематически способствовать решению комплекса полезных компонентов, извлекаемых из недр эксплуатируемого месторождения, снижению фактических потерь и разубоживания минерального сырья, своевременному проведению в жизнь мероприятий по предупреждению вредного воздействия горного производства на окружающую среду.

Виды и методы геологической службы на горных предприятиях составляют содержание особой дисциплины, которая получила название «Рудничной (шахтной или приисковой) геологии». Наиболее полные сведения по этой дисциплине изложены в монографии М. Н. Альбова и А. М. Быбочкина [2].

#### Контрольные вопросы

1. Решение каких задач входит в обязанности рудничной геологической службы?
2. Каковы цели, задачи, объекты изучения, геометризаци и оценки при доразведке месторождений полезных ископаемых?
3. В каких случаях возникает необходимость доразведки месторождений, не освоенных промышленностью?
4. Чем отличаются условия доразведки месторождений от условий их разведки на более ранних стадиях?
5. Какие виды поисковых работ используются при доразведке месторождений?
6. Как оцениваются результаты разведочных работ при доразведке месторождений?
7. В чем заключаются основные особенности геолого-экономической оценки месторождений по результатам их доразведки?
8. В чем заключаются цели и задачи эксплуатационной разведки?
9. Каковы объекты изучения геометризаци и оценки эксплуатационной разведки, опережающей и сопровождающей очистные работы?
10. Перечислите основные отличия эксплуатационной разведки от геолого-разведочных работ допроектных стадий?
11. Какие факторы определяют выбор технических средств эксплуатационной разведки?
12. В чем заключаются особенности опробования, геолого-геофизической документации и обобщения материалов при проведении эксплуатационных разведочных работ?
13. В чем заключаются основные особенности подсчета, учета и оконтуривания запасов?
14. Как оценивается экономическая эффективность промышленного использования запасов?
15. К каким основным задачам сводится помощь рудничной геологической службы горному цеху предприятия?

16 В чем заключается помощь рудничной геологической службы цехам по переработке полезного ископаемого?

17. Какие научно-исследовательские работы должна проводить рудничная геологическая служба; каково их практическое и научное значение?

## Глава 14.

### **ПОИСКИ И РАЗВЕДКА МЕСТОРОЖДЕНИЙ РАЗЛИЧНЫХ МОРФОГЕНЕТИЧЕСКИХ ТИПОВ**

Еще в 1940 г. В. М. Крейтером было выделено пять типов месторождений, различающихся по формам тел полезных ископаемых и требующих различного методического подхода к их разведке. Поскольку формы тел полезных ископаемых зависят от условий их образования, постольку они оказывают определенное влияние и на методику поисков месторождений. Таким образом, морфогенетический признак группировки месторождений полезных ископаемых сохраняет свое значение как для поисковых, так и для разведочных целей. По этому признаку месторождения полезных ископаемых можно разделить на:

- пластовые и стратиформные;
- остаточные — плащеобразные;
- магматические и постмагматические — жильные, штокверковые и трубообразные;
- россыпные;
- обладающие резко прерывистым строением.

Между выделенными морфогенетическими типами существуют переходные типы, а в пределах конкретных месторождений часто встречаются рудные тела нескольких морфогенетических типов. Так, например, для магматических месторождений апатитов, лопаритоносных луювритов и сульфидных медно-никелевых месторождений типичны псевдопластовые залежи, весьма сходные по форме с пластовыми и стратиформными залежами.

#### **§ 1. Особенности поисков и разведки пластовых и стратиформных месторождений**

Поиски и разведка пластовых и стратиформных месторождений платформ и складчатых областей различаются по техническим средствам, некоторым приемам и методам ведения геологоразведочных работ.

В пределах платформ к данному морфогенетическому типу относятся пластовые месторождения железных и марганцевых руд, углей, фосфоритов, серы, карбонатных и силикатных пород, минеральных солей, нефти и газа.

Условия формирования и закономерности пространственного размещения провинций, бассейнов, районов и осадочных месторождений платформ определяются совокупностью благоприятных геотектонических, стратиграфических, литолого-формационных, фа-

циальных, палеогеографических, а в ряде случаев геохимических структурных факторов. К числу важнейших прогнозных и поисковых признаков относятся проявления полезного вещества (пород), ареалы и ореолы рассеяния некоторых полезных компонентов (фосфора, серы, углеводов и др.), а в районах, где установлены четкие стратиграфические предпосылки искомым полезным ископаемым, — маркирующие горизонты продуктивных отложений.

Основой прогнозирования районов и осадочных месторождений платформ служат структурно-формационные и детальные литолого-фациальные карты, специализированные на выявление прогнозируемых формаций.

При прогнозировании некоторых видов полезных ископаемых учитывается влияние структурных (нефть, газ, фосфориты), палеогеографических (железо, марганец) и других факторов, с использованием соответствующих структурных, палеогеографических и других специализированных карт.

Проведение поисковых маршрутов в условиях платформ малоэффективно, поскольку даже в долинах рек геологические разрезы вскрываются лишь до глубин первых десятков метров. Поэтому при всех масштабах поисковых работ обязательно использование скважин колонкового бурения, с применением которых обеспечивается создание поисковых пересечений до глубин нескольких сотен метров. На ранних стадиях поисков скважины бурятся по редким изометрическим (квадратным) сеткам, на расстояниях до нескольких километров друг от друга. По мере выявления продуктивных горизонтов и толщ поисковые сети сгущаются, а их геометрия изменяется в зависимости от представлений об условиях залегания продуктивных образований. Широкому применению буровых работ обычно предшествует проведение сейсмических, гравиметрических, магнитометрических, электроразведочных и других структурно-геофизических съемок соответствующих масштабов, комплексы которых выбираются в зависимости от особенностей геологического строения района поисков, вида и формации полезного ископаемого.

Поиски в масштабах 1 : 100 000 — 1 : 50 000 проводятся в пределах районов, обычно на комплекс наиболее перспективных полезных ископаемых, а поисково-оценочные работы масштаба 1 : 25 000 и крупнее специализируются на выявление и оценку месторождений конкретных видов полезных ископаемых.

Оценка прогнозных ресурсов производится путем экстраполяции важнейших оценочных параметров, установленных на уже выявленных месторождениях (или на эталонных участках) на всю перспективную площадь.

В пределах складчатых областей к данному морфогенетическому типу относятся стратиформные месторождения медных и полиметаллических колчеданных руд, медистых песчаников и свинцово-цинковых карбонатных пород, бокситов, фосфоритов и углей. По отношению к вмещающим породам многие из них являются

эпигенетическими образованиями, что осложняет их прогнозирование и расширяет комплекс благоприятных прогнозных и поисковых предпосылок.

При прогнозировании районов и узлов наряду с перечисленными выше благоприятными прогнозными предпосылками используются рудно-формационные, ритмо-стратиграфические и вулканотектонические. Поиски подобных месторождений и их рудных полей проводятся путем маршрутных геологических пересечений в комплексе со структурно-геофизическими и геохимическими методами, чему способствуют складчатое строение и часто пересеченный рельеф поисковых районов. Ведущими поисковыми предпосылками большинства стратиформных месторождений остаются литолого-фациальные и вулканотектонические в сочетании с благоприятными структурными и рудно-формационными, а в качестве косвенных поисковых признаков используются данные о проявленных рудно-метасоматических процессах в масштабах рудных полей и месторождений. Поверхностные горные выработки и скважины поискового бурения проходятся на стадиях поисковых работ не по правильной геометрической сети, а по соображениям геологической целесообразности.

Разведка пластовых и стратиформных месторождений осуществляется преимущественно буровыми скважинами. Этому способствуют их крупные размеры, устойчивые формы, четкий геологический контроль за элементами слоистости вмещающих пород или выдержанными контактовыми поверхностями.

Конкретные размеры ячеек разведочных сетей изменяются в широких пределах для разных природных типов месторождений. Расстояния между смежными разведочными пересечениями принимаются на один-два порядка больше величины средней мощности залежи и связаны с ней обратной пропорциональной зависимостью.

## **§ 2. Особенности поисков и разведки остаточных плащеобразных месторождений**

Остаточные месторождения кор выветривания алюмосиликатных, щелочных и ультраосновных материнских пород служат источниками латеритных бокситов, силикатно-никелевых, бурожелезняковых и гематит-маритовых, редкометальных ниобий-танталовых и редкоземельных руд. В нашей стране они встречаются только в связи с древними кора́ми выветривания, а в странах тропического пояса подобные месторождения формируются и в современных кора́х выветривания материнских пород.

Для прогнозирования районов поисков остаточных рудных полей и месторождений в древних кора́х выветривания благоприятных материнских пород используется комплекс формационных, петрографических, региональных, тектонических, геохронологических и палеогеографических предпосылок. Последние включают

в себя палеоклиматические, палеоландшафтные, палеогеоморфологические и морфоструктурные предпосылки различных масштабов.

Прогнозными и поисковыми признаками латеритных бокситов и железных руд остаточного происхождения служат их проявления в ассоциации с материалом кор выветривания. Для других остаточных месторождений признаками оруденения могут служить широкие ареалы и ореолы их рассеяния в корах выветривания материнских пород, а для редких металлов — и потоки рас-

сеяния полезных минералов в аллювиальных и делювиальных отложениях.

Прогнозирование потенциальных районов и рудных узлов проводится на геолого-формационной основе, с учетом особенностей петрографического (литологического) состава материнских пород и геохронологических реконструкции палеогеографических условий периодов корообразования.

Материнскими породами для формирования остаточных месторождений железа служат итабириты (железистые кварциты), марганца — гондиты (метаморфические марганецсодержащие породы), никеля —

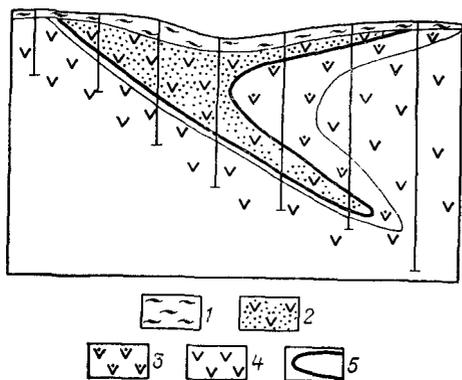


Рис. 61. Разрез остаточного месторождения силикатно-никелевых руд (по материалам Уфалейской ГРП).

1 — делювиальные глины; 2 — охристо-кремнистые образования; 3 — выщелоченный серпентинит; 4 — серпентинит; 5 — контуры рудной залежи

ультрабазиты, редких элементов — нефелиновые сиениты или карбонатиты. Эпохи корообразования в геологической истории СССР известны в палеозое, мезозое и кайнозое, но не в каждую из них формировались остаточные месторождения перечисленных видов полезных ископаемых. Так, например, формирование силикатных месторождений кобальта и никеля на территории нашей страны связано с позднетриасовой-юрской эпохой корообразования.

Фациальная обстановка эпохи корообразования определяет профиль выветривания материнской породы, зональность коры выветривания и минеральные типы руд. Так, например, среди площадных кор выветривания гипербазитов выделяют четыре главных фациальных типа, с каждым из которых связаны разные минеральные типы силикатно-никелевых руд (рис. 61): высокие пенеплены (охристый тип), холмистые нагорья (охристо-нонтронитовый тип), холмистые низменные равнины (охристо-серпентинитовый тип) и депрессии (нонтронит-лептохлоритовый тип).

Помимо площадных кор выветривания, определяющих плащеподобную форму рудоносных залежей, в районах остаточных месторождений широко развиты линейные коры выветривания в виде

неправильных, часто крутопадающих тел вдоль зон тектонических нарушений, даек или контактов пород различного состава. В совокупности с площадными они образуют коры смешанного линейно-площадного типа, которые вмещают залежи значительно более сложных морфологических типов.

От денудационного среза современной поверхности зависит степень сохранности остаточных месторождений, поскольку основные их запасы связаны с пластообразными приповерхностными залежами. Поиски остаточных месторождений, связанных с древними корами выветривания, проводятся на геологической основе с применением поверхностных горных выработок и поисковых скважин. Проведению поисковых горно-буровых работ предшествуют структурно-геофизические и геоморфологические съемки, уточняющие особенности строения поисковых объектов. В частности, электро-разведочные работы (ВЭЗ) способствуют выявлению глубин залегающих и рельефа фундамента невыветрелых материнских пород, картированию линейных кор выветривания, кровли и почвы рудных залежей. Магнитная съемка используется для картирования массивов и даек основных пород.

Разведка остаточных месторождений также проводится с помощью скважин колонкового бурения с контролем их горными выработками (чаще всего шурфами). Выдержанные по простиранию и сравнительно простые по морфологии площадные залежи разбуриваются разведочными скважинами по сравнительно редкой квадратной сетке. Расстояния между смежными скважинами определяются размерами и морфологией залежей. Для категории  $C_1$  оно изменяется от 400—800 для бурожелезняковых до 50—100 м для силикатно-никелевых и редкометальных остаточных месторождений.

При осложнении форм залежей, в связи с развитием не только площадных, но и линейных кор выветривания, в задачу разведочных работ входит не только их выявление и оконтуривание, но и оценка их рудоносности. С этой целью разведочная сеть трансформируется из квадратной в прямоугольную с ориентировкой коротких сторон ячеек (разведочных профилей) вкост простирания линейных кор выветривания. Расстояния между смежными скважинами на разрезах сгущаются в 2—4 раза по сравнению с расстояниями между разрезами, а скважины бурятся по возможности на полную мощность линейных кор выветривания для уверенной оценки их рудонасыщенности.

При разведке плащеподобных месторождений основное внимание обращают на выявление их вертикальной минералогической зональности, характера изменчивости и морфологических особенностей поверхностей лежащих боков залежей. Так, например, в месторождениях силикатных никелевых руд основные концентрации никеля тяготеют к зоне нонтронизированных серпентинитов, подстилающих зону железистых охр, а основные концентрации кобальта — к низам зоны охр и верхней части зоны нонтронитов. В остаточных месторождениях бокситов часто проявляется не

только вертикальная, но и горизонтальная зональность, определяющая закономерное увеличение содержания глинозема и уменьшение содержания кремнезема к центральным частям линзоподобных залежей.

Наиболее изменчивым геологоразведочным параметром плаще-подобных месторождений являются мощности залежей. В процессе разведочных работ должны быть выявлены морфогенетические особенности почвы залежей и установлены связи рудных выступов или отростков с неровностями палеорельефа, карстовыми полостями или тектоническими зонами, по которым развились линейные коры выветривания. В случаях сложной морфологии нижних контактов залежей оптимальная густота разведочной сети определяется характером их изменчивости, поскольку изменчивость остальных геологоразведочных параметров, в том числе и содержания полезных компонентов, оказывается несравненно более низкой. По результатам разведки составляются карты подрудного рельефа, определяющего морфологические особенности рудных тел.

Контроль разведочных скважин шурфами (или другими горно-разведочными выработками) необходим для отбора достоверных проб, определения объемных масс, физико-механических и технологических свойств руд, которые часто представлены рыхлыми сыпучими породами. Оконтуривание запасов проводится, как правило, по заданному предельному содержанию полезного компонента с учетом минералогической зональности и степени гипергенных изменений кор выветривания материнских пород. Подсчет запасов производится способом блоков, а при значительных мощностях и сложной морфологии рудных залежей — способом вертикальных разрезов. Для оценок прогнозных ресурсов используется комплекс рудно-формационных, палеогеографических и геоморфологических карт в совокупности с результатами генерализации геофизических, геолого-минералогических и литогеохимических данных.

### **§ 3. Особенности поисков и разведки магматических и постмагматических жильных, штокверковых и трубообразных месторождений**

Месторождения данного морфогенетического типа столь разнообразны по морфологическим обликам отдельных скоплений полезных ископаемых, что для их поисковой группировки лучше воспользоваться не морфологическими характеристиками, а особенностями их связей с проявлением интрузивного или субвулканического магматизма. По этому признаку все они могут быть разделены на три группы:

I. Приуроченные к массивам материнских магматических пород.

II. Расположенные в непосредственной близости от магматических пород, определенных формаций, комплексов и состава.

III Расположенные в широких ареалах развития магматических пород.

К месторождениям I группы относятся хромито- и асбестоносные гипербазиты, титано-магнетитовые основные породы, редкоземельные нефелиновые сиениты и редкоземельные карбонатиты, сульфидные медно-никелевые месторождения в габброидах и алмазносные кимберлиты.

В числе месторождений группы II главное значение имеют редкометалльные и мусковитовые пегматиты, медно-кобальто-железистые и шселитовые скарны, редкометалльные грейзены и медно-молибденовые штокверки

К группе III относятся золоторудные месторождения различных формаций, полиформационные молибден-вольфрам-золоторудные, оловянные, ртутно-золото-серебряные, флюоритовые и некоторые другие месторождения. Для многих из них пространственные связи с проявлениями магматизма сказываются лишь в масштабах рудных районов и узлов.

Рудные поля и месторождения трех перечисленных групп проявляют отчетливые пространственные связи с рудно-метасоматическими процессами определенных формаций, причем их роль и поисковое значение закономерно возрастают по мере перехода от первой группы к третьей. Так, например, в месторождениях I группы, расположенных в массивах основных и ультраосновных пород, развиваются процессы уранитизации и серпентинизации а в ультраосновных — щелочных породах — фенитизации и карбонатизации. Месторождения II группы пространственно связаны со скарновыми зонами, ареалами грейзенизации или фельдшпатизации вмещающих пород, а важнейшими косвенными признаками рудных полей и месторождений III группы являются ареалы или зоны пропицитов, березитов, вторичных кварцитов или аргиллизитов.

Рудные скопления жильного, штокверкоподобного и трубообразного типов встречаются среди месторождений всех трех групп, однако среди месторождений III группы намечается некоторое преобладание жильных и жилородных рудных скоплений. Среди месторождений II группы, помимо жилородных тел, часто встречаются штокверки и штокоподобные образования неправильных форм, а среди месторождений I группы — крупные трубообразные тела.

Для целей прогнозирования рудных районов и узлов, поисков магматических и постмагматических рудных полей и месторождений используется совокупность магматических, структурных и литолого-формационных (фациальных) предпосылок. При этом для месторождений I группы на всех стадиях работ ведущее значение сохраняется за магматическими предпосылками, а для месторождений II, и особенно III групп все более доминирующее значение, по мере перехода к более детальным стадиям, приобретают структурные и литолого-фациальные предпосылки.

Среди важнейших косвенных признаков рудоносности основное значение принадлежит метасоматическим проявлениям конкретных рудно-метасоматических формаций, ареалам и ореолам элементов-спутников или потокам рассеяния минералов-спутников оруденения. Прямыми прогнозными признаками рудоносности являются лито-гидро-био- и атмосферические ареалы и ореолы элементов-индикаторов, потоки рассеяния полезных минералов, проявление полезной минерализации и непосредственно рудные выходы.

Основой прогнозирования рудных районов и узлов служат специализированные геологические и прогноз-металлогенические карты. Потенциальные рудные районы и узлы последовательно выделяются по комплексу наиболее эффективных критериев рудоносности заданного масштаба.

При проведении поисков широко используются поверхностные горные выработки и мелкие скважины для целей расшифровки и оценки аномалий, проявлений полезной минерализации и рудопроявлений, особенно на участках детализационных работ. В условиях плохой обнаженности поиски проводятся с помощью мелких скважин колонкового (или вращательного бескернового) бурения, в каждой из которых проводится необходимый комплекс геологических, геофизических и геохимических наблюдений с отбором образцов и проб.

Разведка магматических и постмагматических месторождений проводится с применением всех поверхностных тектонических средств. Соотношения буровых скважин, разведочных горных выработок и подземных геофизических профилей определяются целями и задачами разведочных работ, сложностью строения месторождений, условиями залегания, морфологическими и другими особенностями разведываемых рудных скоплений.

Разведка жил и жилородных залежей производится комбинированными горно-буровыми системами. Соотношения горных и буровых разведочных выработок зависят от размеров, морфологии, строения и условий залегания рудных тел, а также от целей и задач (стадий) разведочных работ. Роль горных выработок возрастает от ранних к поздним стадиям геологоразведочных работ, а также с увеличением углов падений, уменьшением мощностей и размеров жил, усложнением их морфологии и внутреннего строения. Как правило, буровая разведка должна контролироваться подземными горными работами хотя бы в минимальных объемах, так как вследствие природной сложности рудовмещающих структур всегда остается опасность неправильной взаимной увязки рудных интервалов в смежных разведочных скважинах.

В комплексе с горными выработками рудные жилы и зоны разведываются скважинами поверхностного или подземного колонкового бурения. Наиболее широким применением буровые работы пользуются на стадии предварительной разведки. Это объясняется не только экономическими соображениями, но и тем, что по сравне-

нию с данными горных работ буровая разведка обеспечивает более равномерное размещение разведочных пересечений по всей площади жилы, что способствует снижению погрешностей экстраполяции и повышению надежности средних оценок важнейших геологоразведочных параметров.

Под штокверком обычно понимается крупный минерализованный участок недр часто неправильной формы с нечеткими границами, в котором слагающие его породы пронизаны густой сетью различно ориентированных рудных прожилков, сопровождаемых вкрапленностью рудных минералов. Понятие штокверк характеризует не морфологию, а строение рудных тел.

Основным техническим средством разведки штокверков и штокверкоподобных месторождений служат буровые скважины. Этому способствуют крупные размеры и сопоставимые с ними мощности залежей, а также открытый способ разработки большинства из них. На ранних стадиях разведки используются скважины колонкового бурения, обеспечивающие полноту изучения геологических условий. На поздних стадиях часто применяются скважины ударно-канатного бурения и большого диаметра, что способствует повышению достоверности опробования. Результаты буровой разведки выборочно проверяются горными выработками, обычно на участках детализации разведочных работ.

До начала разведочных работ на площади месторождения проводятся геологическая съемка и комплекс структурно-геофизических и геохимических работ. Особенно высокую эффективность дают ореольные металлометрические съемки, способствующие выявлению первичных и вторичных ореолов ведущих металлов и их спутников на всей территории месторождения.

Разведочные скважины располагаются на площади месторождения равномерно по квадратной, реже прямоугольной сети. Размеры ячеек разведочной сети обычно соизмеримы с мощностями залежей. При вскрытии месторождений открытым способом особое значение приобретает точность выявления внешнего контура штокверка, определяющего разнос и положение бортов карьера. С учетом крупных масштабов месторождений погрешности в определении внешних контуров могут привести к тому, что миллионы тонн руды останутся не вынутыми в бортах карьеров или во вскрышу будут вовлечены излишние массы пустых пород. Для уменьшения погрешностей оконтуривания на периферии штокверковых залежей сеть разведочных скважин сгущается.

Крупные трубчатые тела, достигающие сотен метров в поперечных сечениях, разведуются с поверхности системами канав, шурфов или короткометражных скважин, а на глубину — скважинами колонкового бурения, часто в сочетании с подземными горными выработками на верхних горизонтах. Для оконтуривания их выходов создается изометрическая сеть поверхностных разведочных выработок. Скважины колонкового бурения располагаются в разведочных разрезах, которые совмещаются с продольными осями канав. Скважины бурятся наклонно или веерообразно с та-

ким расчетом, чтобы вскрыть контакты трубообразных залежей на различных глубинах. Часто для выяснения азимутов и углов ныряния (скатывания) трубообразной залежи создается две системы взаимноортогональных разрезов.

Проверка данных буровой разведки осуществляется с помощью подземных горных выработок, которыми вскрывается один, реже два верхних горизонта. На каждом разведочном горизонте проводится система взаимноортогональных или веерообразных горизонтальных выработок.

Мелкие трубообразные тела разведуются почти исключительно с помощью разведочных горных выработок. Горизонты горных выработок развиваются последовательно, сверху вниз из ствола разведочной шахты. На каждом горизонте проводится поисковое бурение с помощью горизонтальных скважин, после чего обнаруженные трубки разведуются системами веерообразных или пересекающихся пересечений.

#### **§ 4. Особенности поисков и разведки россыпей**

Россыпные месторождения служат основными источниками добычи платины, циркония, тория, янтаря и, в значительной степени, золота, титана, олова, тантала, алмазов, редкоземельных и некоторых других элементов. Генетические типы россыпных месторождений весьма разнообразны. Среди них встречаются элювиальные, делювиальные, пролювиальные, аллювиальные, литоральные (прибрежно-морские), гляциальные, золотые и техногенные россыпи, среди которых ведущее положение принадлежит аллювиальным (косовым, русловым, долинным, террасовым и дельтовым) и прибрежно-морским (пляжевым, террасовым и донным) россыпям.

По отношению к коренным источникам все россыпи разделяются на две группы: россыпи ближнего сноса и дальнего переноса (переотложения).

Для формирования россыпей ближнего сноса первостепенное значение имеют формационный и минеральный типы, степень рудонасыщенности и зональность материнских рудных образований, уровни их денудационного среза, пространственные соотношения эндогенных рудоносных площадей с площадями бассейнов питания россыпей, интенсивность гипергенных изменений эндогенных минеральных образований, динамика эрозионно-денудационных и россыпеобразующих процессов. Условия же формирования россыпей дальнего переноса и переотложения определяются, прежде всего, развитием региональных кор выветривания в согласии с этапами выравнивания рельефа и особенностями эволюции региональной палеогеографической обстановки отдельных этапов россыпеобразования.

В качестве признаков россыпных месторождений используются повышенные концентрации полезных минералов, минералов-спутников и их ассоциации в рыхлых покровных отложениях (песках). Для целей прогнозирования россыпей используются харак-

теристики областей сноса, аккумуляции и площадей развития кор выветривания, выявляются направления стока палеодолин, положения береговых линий и других элементов, способствующих реставрации условий их формирования.

Основным методом поисков на ранних стадиях работ является шлиховое опробование рыхлых отложений водотоков и склонов с применением поверхностных горных выработок (закопушек, мелких шурфов). При поисках алмазосных россыпей наряду со шлиховым опробованием широко применяется обломочно-речной метод с прослеживанием гальки кимберлитов. В связи с невысокой устойчивостью кимберлитов наличие их галек в аллювиальных отложениях рек указывает на близость коренных выходов кимберлитовых трубок (обычно в пределах ближайших 5 км). По мере перехода к детальным поискам и поисково-оценочным работам доминирующее значение приобретает поисковое бурение (реже проходка поисковых шурфов, канав или траншей).

Поиски террасовых, бенчевых, донных, а также древних (погребенных) россыпей проводятся с помощью скважин поискового ударно-канатного вращательного и комбинированного бурения большого диаметра. Наиболее сложные и трудные для бурения интервалы проходятся ударно-канатным способом, а продуктивные пески — преимущественно вращательным способом в обсадных трубах, при условии, что рабочий буровой инструмент не опускается ниже башмака обсадной трубы.

Поисковые линии закладываются поперек речных долин от одного склона до другого, с расчетом пересечения всех ее элементов — от «щеток» (участков неглубокого залегания плотика в русле реки) и речных кос до цоколей всех речных террас. Расстояния между ними выбираются от одного до нескольких километров, а расстояние между пунктами отбора проб на профилях не превышает первых десятков метров.

Оценка прогнозных ресурсов полезных минералов в россыпных районах, узлах и отдельных россыпях производится по принципу аналогии на основе прогнозных карт с использованием статистических корреляционных связей между различными показателями геолого-геоморфологической обстановки и параметрами эталонных объектов соответствующих масштабов. Так, например, одним из наиболее информативных показателей при сравнительной оценке россыпных районов и узлов является их удельная продуктивность  $K_p$ , выраженная отношением суммарной длины выявленных россыпей  $\Sigma L_p$  к общей протяженности долинной сети в пределах оцениваемой территории  $\Sigma L_d$  (рис. 62).

Для россыпей ближнего сноса эффективно использование коэффициента пространственной совмещенности областей аккумуляции и коренного источника. Этот коэффициент рассчитывается как произведение коэффициента локальности ( $S_p/S_n$ ), выражающего отношение площадей аккумуляции к площадям питания россыпи, и коэффициента вертикальной совмещенности ( $\Delta H_p/\Delta H_d$ ), выражающего отношение глубины эрозионного вреза долины к верти-

кальному диапазону коренной минерализации, вскрытой эрозией (рис. 63).

Методика разведки, опробования и подсчета запасов россыпей отличается рядом специфических особенностей. Весьма изменчивые золотоносные и алмазные россыпи разведуются траншеями, которые проходятся с помощью экскаваторов, малолитражных

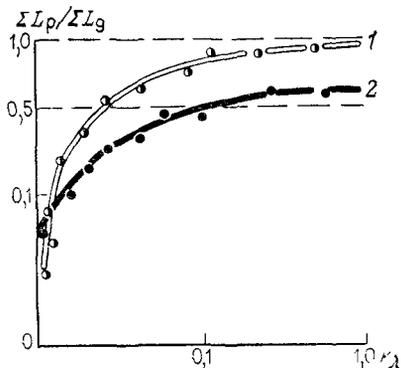


Рис. 62. Кривые зависимости удельной продуктивности россыпных оловоносных суммарных долин ( $k_\lambda$ ) от соотношений суммарных длин выявленных россыпей и общей протяженности долинной сети (по Л. З. Быховскому).

Формации: 1 — касситерит-кварцевая; 2 — касситерит-силикатная

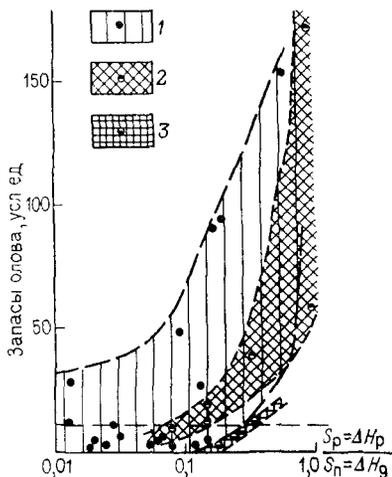


Рис. 63. Кривые зависимости запасов олова в россыпях от показателя пространственной совмещенности коренного источника и долины на месторождениях разных формаций (по С. Ф. Лугову):

1 — касситерит-кварцевой; 2 — касситерит-силикатной; 3 — касситерит-сульфидной  
 $S_p$  — площадь рудного поля в бассейне долины;  $S_п$  — площадь питания россыпи;  
 $S_p/S_п$  — коэффициент локальности;  $\Delta H_p$  — интервал оруденения;  $\Delta H_d$  — глубина вреза долины

драг или гидравлическим способом. Глубокими канавами или траншеями рыхлые отложения вскрываются до плотика, вся добытая масса промывается на специальных обогатительных установках, а среднее содержание полезных минералов в песках определяется по фактической добыче. В связи с отчетливо вытянутыми формами большинства россыпей поисковые и разведочные линии ориентируются вкrest их протяженности, а расстояния между скважинами и шурфами на профилях выбираются пропорционально отношению ширины и длины россыпи (или продуктивной части долины). Поэтому расстояние между смежными поисковыми и разведочными пересечениями на профилях примерно на порядок меньше расстояний между соседними профилями.

Опробование россыпей в процессе их разведки проводится с обязательным измерением объемов проб, поскольку концентрация полезных минералов выражается в единицах массы на  $1 \text{ м}^3$

песков. Для этого используются специальные мерные сосуды-ендовки, имеющие форму продолговатых ящиков, размером сверху  $0,60 \times 0,30$  м, внизу  $0,50 \times 0,20$  м и высотой 0,17 м. Объем ендовки составляет  $0,02$  м<sup>3</sup> песков в разрыхленном состоянии.

Рациональные объемы проб зависят от содержаний и размеров зерен полезных минералов, а также от характера их распределения в песках. Чем ниже содержание полезных минералов, крупнее их зерна и неравномернее распределение песков в опробуемой массе, тем больше должны быть исходные объемы проб.

В практике разведки объемы проб принимаются от 1—3 до 10 ендовок и более. При опробовании контрольных шурфов, а также при разведке алмазных россыпей в пробу отбирается весь материал, вынутый с каждого интервала шурфа. Интервалы опробования шурфов и скважин принимаются: для золотых и платиновых россыпей — 0,2 м, для оловянных, вольфрамовых и монацитовых россыпей — 0,5 м; для алмазных, титановых и цирконовых россыпей — 1—2 м.

Обработка проб, в отличие от других месторождений, производится на месте их отбора путем промывки на лотках, бутарах, вашгердах, передвижных обогащительных установках с обязательным контролем полноты извлечения полезных минералов из песков.

При поисках алмазных россыпей помимо обычных шлиховых проб проводится мелкообъемное и крупнообъемное опробование участков, наиболее обогащенных минералами-спутниками алмаза. Мелкообъемные пробы (до  $1,5$  м<sup>3</sup>) отбираются для обнаружения кристаллов алмаза, а крупнообъемные (до  $10$  м<sup>3</sup> и более) — для примерных оценок их содержаний в россыпях. Мелко- и крупнообъемное опробование применяется и при разведке золоторудных россыпей. В крупнообъемных пробах средние содержания золота повышаются за счет крупных золотинок, вероятность попадания которых в пробы малого объема чрезвычайно мала. Сравнительная оценка участка россыпного месторождения по пробам разного объема свидетельствует о том, что линейные запасы, оцененные по крупнообъемным пробам, значительно выше (рис. 64).

Отобранные пробы подвергаются испытаниям для установления важнейших технических свойств осадков: гранулометрического состава песков и зерен полезных минералов, валунистости, промывистости, коэффициента разрыхления, льдистости, объемной массы и влажности песков.

Технологические свойства песков устанавливаются в первом приближении при промывке проб на передвижных обогащительных установках и уточняются полупромышленными или промышленными испытаниями.

Заметное влияние на методику разведки россыпей оказывает проектируемый способ их отработки. При разведке дражных полигонов появляется возможность снижения кондиционных параметров, что приводит к упрощению представлений о морфологических особенностях россыпей, увеличению объемов горной массы и, как

следствие, к возможностям разрежения разведочной сети. Россыпи, предназначенные к отработке гидравлическим скреперно-бульдозерным и экскаваторным способами, разведываются по более густой сети. Еще более густая сеть выработок применяется для разведки россыпей, проектируемых к разработке подземными способами. При этом, если отработка россыпи предполагается на массу, то нижняя граница россыпи проводится по плотнику. Если

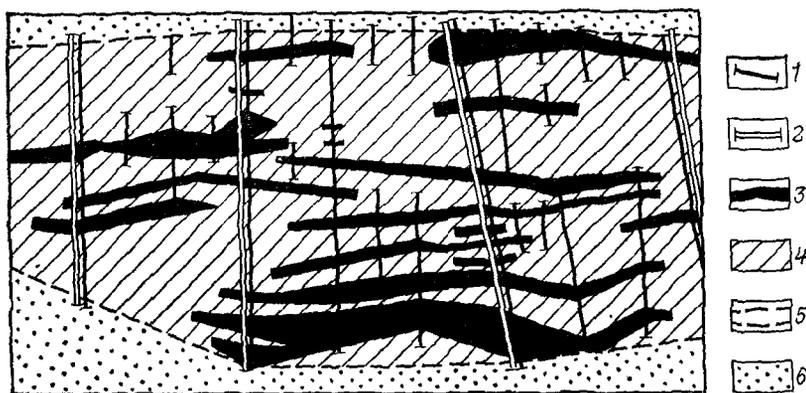


Рис. 64. Схема морфологии россыпей, ооконтуренных по данным мало- и крупнообъемного опробования (по Л. З. Быховскому).

1 — разведочные линии шурфов и скважин; 2 — разведочные траншеи; 3 — «струи» россыпей, выделенные по результатам малообъемного опробования; 4—5 — площадь (4) и контур (5) россыпи, установленных по результатам крупнообъемного опробования; 6 — законтурные пространства с пониженным фоном золотонности

же проектируется раздельная отработка россыпи, то ооконтуривается верхняя и нижняя границы пласта.

## § 5. Особенности поисков и разведки месторождений с залежами прерывистого строения

Чем сильнее проявлена прерывистость строения полезных ископаемых, тем сложнее методика их поисков и разведки. Мелкие скопления полезных ископаемых редко вскрываются разведочными пересечениями и не поддаются прослеживанию или ооконтуриванию по результатам разведочных и тем более поисковых работ. В лучшем случае удастся ооконтурить только некоторый продуктивный объем недр, охватывающий все (или почти все) изолированные скопления полезного ископаемого, суммарные запасы которых могут быть оценены только статистически.

Всем месторождениям с прерывистым характером оруденения свойственны некоторые общие черты:

— в их строении проявляются от одного до нескольких последовательных структурных уровней, обусловленных прерывистостью оруденения в разных масштабах. Чем больше число последова-

тельных уровней, тем сложнее внутреннее строение месторождений;

— скопления полезных ископаемых на разных структурных уровнях обнаруживают более или менее отчетливые связи с элементами геологического строения соответствующих масштабов. Поэтому, несмотря на прерывистость оруденения, в строении продуктивных залежей проявляется зональность или другие пространственные закономерности в размещении участков различной степени продуктивности;

— залежи, а также заключенные в их контурах более мелкие скопления полезного ископаемого часто отличаются нечеткими геологическими границами. Для их оконтуривания и выделения промышленно-оценочных участков (объемов) используются специальные оценочные параметры, основанные на совокупном изучении геолого-экономических данных.

В качестве наиболее распространенной характеристики внутреннего строения продуктивных залежей в практике поисков и разведки используется коэффициент рудоносности  $k_p$ , выражающий долю суммарного рудного объема  $\Sigma V_p$  в общем объеме продуктивной залежи  $V$ .

Коэффициент рудоносности — это объемная статистическая характеристика, которая позволяет судить только о степени рудонасыщенности продуктивной залежи, но не содержит информации о размерах рудных скоплений и разделяющих их участков практически пустых пород, а также о закономерностях их пространственного размещения в промышленном контуре.

С учетом сложности строения и степени рудонасыщенности залежи с прерывистым строением можно разделить на три группы: с высокой, умеренной и слабой рудонасыщенностью.

I. Залежи с высокой рудонасыщенностью ( $k_p = 0,7 - 1$ ) обладают сравнительно простым внутренним строением с проявлением прерывистости, как правило, только на одном структурном уровне. В контурах практически сплошной минерализации располагаются разобщенные окна пустых пород, объемы которых обычно больше возможных объемов селекции полезных ископаемых (рис. 65). Высокая рудонасыщенность залежей типична для многих железорудных, бокситовых, полиметаллических, медных, медно-никелевых и других месторождений.

II. Залежи с умеренной рудонасыщенностью ( $k_p = 0,25 - 0,7$ ) отличаются сложным строением с проявлением прерывистости на двух и более структурных уровнях. Скопления полезного ископаемого разобщены друг от друга и обладают самыми различными размерами. Группы мелких рудных обособлений часто образуют более крупные, прерывистые скопления, разделенные сопоставимыми по размерам участками практически пустых пород (см. рис. 65, б). Таким строением обладают залежи ртутных, урановых, золоторудных, жильных вольфрамовых, молибденовых и оловянных месторождений.

III. Залежи со слабой и весьма слабой рудонасыщенностью ( $k_p=0,25$ ) обладают сложным строением с проявлением прерывистости на нескольких уровнях. Пространственно разобщенные мелкие скопления полезных минералов образуют отдельные гнезда «бонанцы», которые, в свою очередь, отличаются сложным прерывистым строением. Размеры отдельных гнезд несопоставимо малы по сравнению с размерами разделяющих их участков пустых пород (см. рис. 65, в). Слабая рудонасыщенность залежей

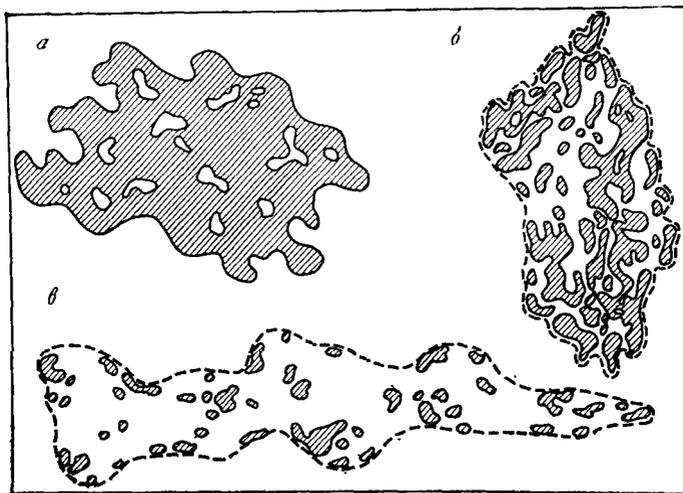


Рис. 65. Примеры прерывистости строения рудных залежей.  
Рудонасыщенность: а — высокая; б — умеренная; в — слабая

типична для месторождений слюды, пьезооптического сырья, драгоценных камней, некоторых золоторудных и других месторождений.

Поиски месторождений полезных ископаемых с залежами прерывистого строения усложняются по мере снижения степени их рудонасыщенности. Наиболее трудны поиски месторождений третьей группы, которые часто лишены отчетливых геофизических или геохимических ареалов и ореолов. Их выявление в процессе поисковых работ возможно лишь по совокупности геолого-минералогических признаков — обломков пород, валунов и галек или шлихов с признаками полезной минерализации.

В качестве косвенных поисковых признаков подобных месторождений могут использоваться аналогичные находки минералов-спутников и проявления рудно-метасоматических процессов, с которыми пространственно связана зона и скопления полезных минералов. Так, например, для поисков бонанцевых месторождений золота могут использоваться зоны лиственитизации, окварцевания или березитизации; для поисков пьезооптического сырья — зоны грейзенизации, скарнирования или тела кварценосных пегматитов; для поисков аметиста — зоны аргиллизации вмещающих пород

и др. В этой связи ведущими поисковыми методами подобных месторождений являются обломочно-речной, шлиховый и другие маршрутные геолого-минералогические методы в комплексе с геофизическими или геохимическими съемками, специализированными на выявление рудно-метасоматических образований, характерных для данного вида полезных ископаемых.

В процессе разведки месторождений с прерывистым строением особое значение придается выявлению генеральных и локальных рудовмещающих структур, которые значительно лучше выдержаны по простиранию и падению, чем отдельные рудные скопления и могут быть использованы в качестве маркирующих элементов при взаимоувязке геологоразведочных данных по смежным разведочным пересечениям и разрезам. Кроме рудовмещающих структур выявляются элементы зональности залежей (чередования рудных и безрудных участков, участков различной продуктивности) и выясняются геологические причины прерывистости оруденения. В соответствии с принципом последовательных приближений на стадии предварительной разведки в качестве объекта изучения принимается продуктивная зона (толща), включающая систему разобщенных продуктивных залежей с прерывистым строением. В стадию детальной разведки выявляются и оконтуриваются отдельные продуктивные залежи, а в процессе эксплуатационной разведки — промышленно-ценные и пустые (некондиционные) участки, сопоставимые с объемами эксплуатационных блоков, а затем рудные и безрудные объемы, сопоставимые с объемами селекции.

По мере детализации разведочных работ рудонасыщенность оконтуриваемых скоплений полезных ископаемых закономерно возрастает, так как все более мелкие безрудные участки поддаются уверенному выделению и оставляются за контурами промышленной минерализации. Предельным сгущением разведочной сети на месторождениях I и II групп удается выделить объемы недр, сопоставимые с объемами селекции полезного ископаемого, оконтуривать все рудные и практически безрудные участки залежи, доводя рудонасыщенность в контурах промышленной минерализации до 100 % ( $k_p = 1$ ). Таким образом, процесс разведки прерывистых залежей можно рассматривать как процесс последовательной пространственной сортировки промышленно-ценных и практически безрудных ее объемов. Для залежей III группы со сложным прерывистым строением и малыми размерами рудных скоплений это достигается только в процессе эксплуатационной разведки, сопровождающей очистную выемку блоков, или в процессе очистных работ.

Разведка прерывистых залежей проводится с помощью горных выработок с использованием таких систем разведочных работ, которые позволяют осуществлять последовательное и предельно необходимое сгущение сети из ранее пройденных выработок. Применение горных выработок обусловлено тем, что только геологическими наблюдениями в хорошо обнаженных поверхностях можно

проследить сплошность оруденения по падению и простиранию залежей, выявить и изучить локальные рудовмещающие структуры. В сочетании с разведочными горными выработками широко используются мелкие шпурты и подземные скважины.

Наиболее распространенным количественным показателем строения прерывистых залежей является коэффициент рудоносности. Его оценка  $\hat{k}_p$  вычисляется как отношение суммарной мощности рудных интервалов  $\Sigma m_p$  по всем разведочным пересечениям к суммарной мощности продуктивной залежи  $\Sigma M$ .

$$\hat{k}_p = \frac{\Sigma m_p}{\Sigma M}.$$

Ограниченные возможности коэффициента рудоносности (только как показателя рудонасыщенности прерывистых залежей) побуждали многих исследователей к поискам иных характеристик, отражающих особенности их внутреннего строения, поскольку для целей количественного описания важнейших особенностей строения прерывистых рудных образований необходимо знать не только характеристики их рудонасыщенности, но также меры прерывистости и сложности строения.

В качестве меры прерывистости рудных образований П. П. Яковским было предложено использовать оценку

$$\mu = \frac{\Sigma i + \Sigma n + N}{\Sigma M},$$

где  $\Sigma n$  и  $\Sigma i$  — общее число рудных  $n$  и безрудных  $i$  интервалов по всем разведочным пересечениям;  $\Sigma M$  — суммарная мощность рудной залежи;  $N$  — число разведочных пересечений.

Для характеристики сложности строения прерывистых рудных образований им же был предложен коэффициент сложности  $k_{сл}$ , характеризующий количество рудных и безрудных интервалов, приходящихся на единицу длины рудного интервала:

$$k_{сл} = \frac{\mu}{\hat{k}_p} = \frac{\Sigma n + \Sigma i + N}{\Sigma m_p}.$$

При оценке рудонасыщенности и сложности строения прерывистых залежей принципиальное значение имеет правильное их оконтуривание в недрах, так как достоверность количественных оценок непосредственно зависит от пространственного положения обобщающих контуров. Положение обобщающего контура правильно только при том условии, если в нем заключен весь потенциально рудоносный объем недр, а не его часть, случайно выявленная системой пройденных разведочных пересечений. Так, например, при разведке ртутного месторождения в одних разведочных разрезах рудные скопления были обнаружены в висячем боку песчаников, а в других — в их лежащем боку. По этим данным геологически необоснованно был проведен извилистый обобщающий

контур, секущий литологически различные прослои в пачке рудоносных песчаников (рис. 66). В результате оценка коэффициента рудоносности в промышленном контуре оказалась сильно завышенной, а представления о морфологии и условиях залегания рудоносного блока резко искаженными. При правильной оценке рудоносного объема недр следовало бы провести обобщающий промышленный контур по кровле и почве рудовмещающих песчаников, что обеспечило бы и правильную оценку коэффициента рудоносности.

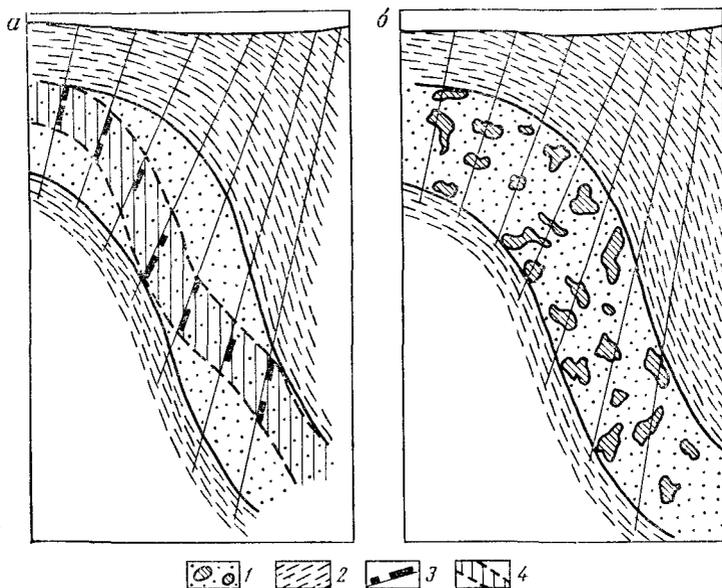


Рис. 66. Необоснованное (а) и обоснованное (б) оконтуривание продуктивной залежи по совокупности случайных рудных пересечений.

1 — продуктивная пачка кремненных песчаников; 2 — глинистые сланцы; 3 — скважины и рудные интервалы; 4 — геологические необоснованные контуры продуктивной залежи

Наиболее надежная оценка строения и запасов прерывистых рудоносных образований достигается только при оконтуривании рудоносных объемов по их геологическим границам: контактам рудоносных зон или пород, тектоническим швам, ореолам вкрапленного оруденения или зонам метасоматического изменения пород. Стремление увязать изолированные рудные интервалы разведочных пересечений в единые рудные скопления неизбежно приводит к искажениям представлений о внутреннем строении продуктивных залежей, завышает показатели их рудонасыщенности и ограничивает их истинные контуры в недрах. Во избежание этого необходимо строго выполнять важнейший принцип оконтуривания — геометризовать только те скопления полезного ископаемого, размеры которых заведомо больше размеров ячеек разведочной сети.

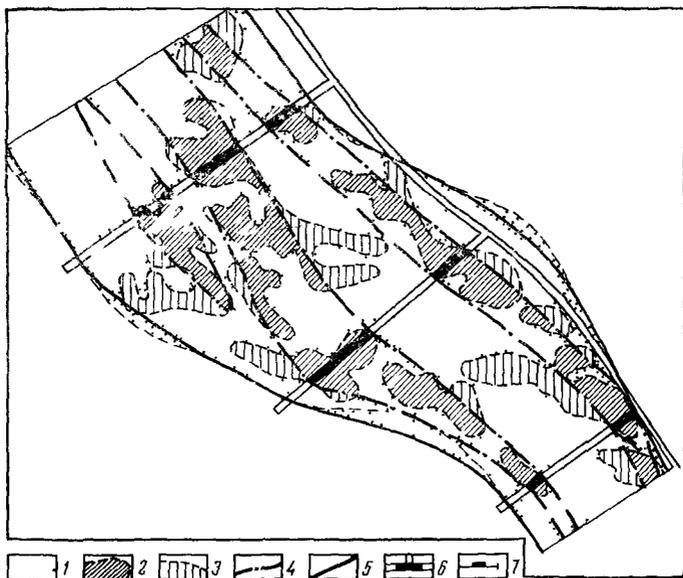


Рис 67 Оконтуривание запасов рудного участка по редкой разведочной сети (план)

1 — метасоматиты 2—3 — истинные контуры и площади практически сплошных рудных скоплений 2 — вошедшие в контур залежи 3 — оставшиеся за контурами залежи 4 — контуры залежей необоснованные 5 — контуры залежей обоснованные 6 — разведочные горные выработки и рудные интервалы, 7 — разведочные скважины и рудные интервалы

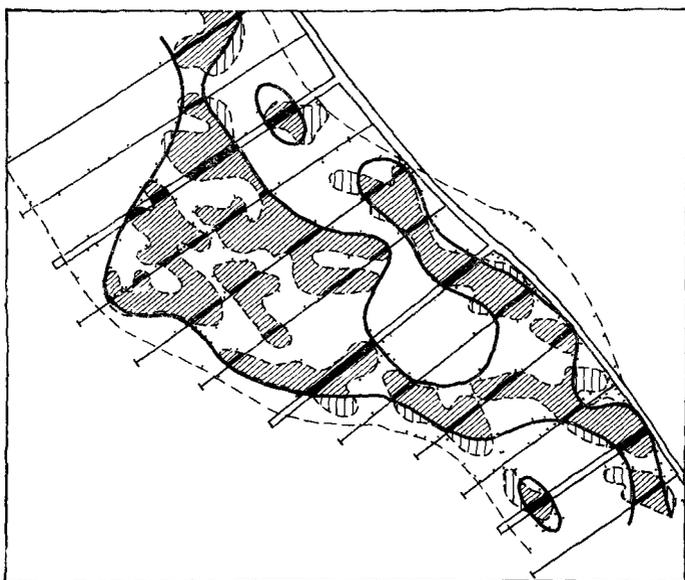


Рис 68 Оконтуривание запасов рудного участка по густой разведочной сети  
Условные обозначения см на рис 67

На рис 67 вариант оконтуривания запасов, показанный пунктиром, геологически необоснован. Неправильное оконтуривание запасов привело к тому, что фактический коэффициент рудоносности в проведенных пунктиром контурах оказался равным не единице, а только 0,49. В то время как почти половина запасов руды (42 %) осталась за контурами, причем коэффициент рудоносности законтурной части составил 0,2 вместо нуля. С учетом пространственной связи рудной минерализации с зоной метасоматитов следовало ограничить продуктивную зону контурами, совпадающими с границами метасоматически измененных пород (сплошной контур). При таком варианте оконтуривания оценка коэффициента рудоносности потенциально рудоносной площади, полученная по ортам (0,39), окажется близкой к истинному площадному коэффициенту рудоносности (0,33).

Сгущение сети с помощью горизонтальных разведочных скважин позволило уточнить контуры продуктивной залежи, оставляя за ними крупные, практически безрудные участки. В результате коэффициент рудоносности повысился до 0,71, что близко к подсчитанному по сумме всех пересечений (0,74), а за промышленным контуром осталась весьма незначительная часть запасов руды (рис 68).

#### Контрольные вопросы

- 1 Перечислите основные морфогенетические типы месторождений полезных ископаемых
- 2 В чем заключаются особенности поисков пластовых и стратиформных месторождений?
- 3 В чем заключаются особенности разведки пластовых и стратиформных месторождений?
- 4 В чем заключаются особенности поисков остаточных плащеобразных месторождений, связанных с современными и древними, площадными и линейными корами выветривания?
- 5 В чем заключаются особенности разведки плащеобразных месторождений?
- 6 Каковы особенности поисков магматических месторождений?
- 7 Каковы особенности поисков пластмагматических месторождений, расположенных вблизи от материнских магматических пород?
- 8 Каковы особенности поисков постмагматических месторождений, расположенных вне видимой связи с магматическими породами или в их широких ареалах?
- 9 Каковы особенности разведки жильных и жилородных залежей?
- 10 Каковы особенности разведки штокверковых месторождений?
- 11 Каковы особенности разведки трубообразных тел полезных ископаемых?
- 12 Чем различаются методы прогнозирования россыпей ближнего сноса и дальнего переноса? Приведите примеры россыпных месторождений обоих типов
- 13 Перечислите важнейшие предпосылки и признаки россыпей
- 14 Перечислите основные методы поисков открытых и погребенных россыпей континентального и пребрежно-морского типов
- 15 Как оцениваются прогнозные ресурсы россыпей по данным поисковых работ?
- 16 Каковы основные особенности разведки и опробования россыпей?
- 17 В чем заключаются смысл и условия применения мелко- и крупнообъемного опробования?
- 18 Как влияют условия проектируемой отработки россыпей на методику их разведки и подсчета запасов?

19. В чем заключаются основные особенности подсчета запасов россыпей?
20. Перечислите специфические черты месторождений с залежами прерывистого строения, оказывающие влияние на особенности их поисков и разведки.
21. Охарактеризуйте группы месторождений залежей полезных ископаемых по степени их прерывистости.
22. Какие поисковые методы эффективны для выявления месторождений со слабой и весьма слабой рудонасыщенностью?
23. Дайте развернутую характеристику коэффициента рудоносности как показателя рудонасыщенности и степени разведанности залежей.
24. Какие коэффициенты характеризуют меру прерывистости и сложности строения рудных залежей?
25. В чем заключаются особенности оконтуривания залежей прерывистого строения?

## Глава 15.

### **ПОИСКИ И РАЗВЕДКА МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ**

В нашей стране добывается более ста видов твердых, жидких и газообразных полезных ископаемых, которые встречаются в самых разнообразных геологических условиях. Методологические основы их прогнозирования, поисков, разведки и геолого-экономической оценки едины, однако конкретные методы проведения поисковых, разведочных и оценочных работ весьма разнообразны, в зависимости от их природных особенностей и требований промышленности к данному виду минерального сырья.

Применительно к каждому виду полезного ископаемого требования к содержанию и результатам геологоразведочных работ рассматриваются в специальных учебных и методических руководствах, а также в инструкциях ГКЗ СССР по применению классификации запасов к месторождениям каждого вида полезных ископаемых. В данной главе отмечаются лишь некоторые, наиболее характерные особенности поисков и разведки месторождений:

- металлических, химических и агрономических руд;
- ценных минералов и кристаллов;
- полезных горных пород;
- твердых горючих ископаемых;
- жидких горючих ископаемых;
- газов и природных вод.

#### **§ 1. Особенности поисков и разведки рудных месторождений**

К числу рудных месторождений относятся полезные ископаемые, содержащие минералы или минеральные комплексы, которые при существующем уровне развития техники и экономики могут служить источниками получения металлов, элементов или химических соединений.

В связи со сложным поликомпонентным составом большинства рудных месторождений для целей их поисков используется широкий комплекс геохимических, геофизических и геолого-минералогических методов, модификации и сочетания которых зависят от условий залегания рудных образований, характера изменений вмещающих пород, минерального и химического состава руд, концентраций в них элементов-индикаторов и спутников оруденения.

При поисках месторождений черных металлов ведущее значение приобретают магнитометрические и гравиметрические съемки в комплексе с визуальными геолого-минералогическими методами.

Для поисков бокситов используется галечно-обломочный метод в сочетании со специализированными геоморфологическими наблюдениями, магнитометрической и гамма-спектрометрической съемками (повышенные концентрации бокситов устанавливаются по аномальным содержаниям тория, на фоне пониженных содержаний калия и урана).

При поисках цветных редких и благородных металлов применяются различные модификации литогеохимических методов, в комплексе с магнитометрическими, гравиметрическими и электроразведочными съемками. Для поисков золоторудных, ртутных, оловянных, вольфрамовых, ниобий-танталовых, редкоземельных, ториевых и других рудных месторождений, руды которых сложены минералами, устойчивыми в приповерхностных условиях, ведущее значение приобретают шлихометрические съемки. При поисках медных, полиметаллических, молибденовых, никелевых, урановых, литиевых и некоторых других месторождений успешно используются гидрохимические методы.

Для поисков многих месторождений редких и радиоактивных металлов ведущее значение имеют радиометрические методы в комплексе с геохимическими, структурно-геофизическими и шлихометрическими методами.

Рудные месторождения весьма разнообразны по морфогенетическим типам, составу руд и распределению полезных компонентов, что оказывает непосредственное влияние на выбор масштабов геологоразведочных работ, плотность поисковых и разведочных сетей. В первом приближении можно выделить три группы рудных месторождений, различных по геолого-структурным обстановкам и совокупности рассматриваемых признаков.

К первой группе относятся многие месторождения железа, марганца, бокситов, фосфоритов, серы и калийных солей. Их рудные поля достигают сотен, а площади отдельных месторождений — десятков квадратных километров.

Ко второй группе принадлежит большинство месторождений металлических руд и многие флюоритовые барит-витеритовые, апатитовые и борные месторождения, площади которых измеряются квадратными километрами, а площади их рудных полей — десятками квадратных километров.

С третьей группой связаны месторождения некоторых

редких и благородных металлов, площади которых не превышают долей квадратного километра, а площади их рудных полей достигают нескольких квадратных километров.

Поиски и оценка месторождений перечисленных групп проводятся в различных масштабах (табл. 4).

Т а б л и ц а 4. Масштабы поисков рудных месторождений на различных стадиях работ

Группа рудных месторождений	Стадии работ		
	Поисково-съёмочная	Поисковая	Поисково-оценочная
I	1 : 200 000 (1 : 100 000)	1 : 50 000 (1 : 25 000)	1 : 10 000 (1 : 5000)
II	1 : 50 000	1 : 10 000	1 : 2 000
III	1 : 25 000	1 : 5 000	1 : 2 000 (1 : 1000)

Важнейшим критерием промышленной ценности рудных месторождений служит возможность экономически целесообразного комплексного извлечения полезных компонентов из руд, с учетом современного состояния горной технологии и требований промышленности к данному виду минерального сырья.

Технологическая оценка руд устанавливается путем специальных испытаний по их обогащению и переработке, а на ранних стадиях геологоразведочных работ — по принципу аналогии, с учетом структурных особенностей, минерального и химического состава руд. Необходимость оценки технологических свойств руд уже на ранних стадиях геологоразведочных работ в значительной мере определяет специфику изучения их вещественного состава.

Особенности минерального или химического состава руд оказывают существенное влияние и на методику разведки месторождений. Руды, представленные одним полезным минералом сложного, но постоянного химического состава (лопаритом, монацитом, пирохлором и т. д.), подвергаются минералогическому, а не химическому опробованию с последующим пересчетом содержаний полезных элементов в руде по данным анализов мономинеральных фракций.

Способность некоторых минералов к люминесценции в катодных, ультрафиолетовых и других лучах используется при геологическом картировании (реже при опробовании), поисках и разведках шеелитовых урановых и флюоритовых месторождений. При разведке сложных по составу месторождений, когда в общих контурах залежей объединяются участки, сложенные рудами различных технологических типов и сортов (колчеданные, медные, полиметаллические и другие месторождения), проводится технологическое картирование горных выработок и скважин.

Большое влияние на методику проведения разведочных работ оказывает применение геотехнологических методов обработки ме-

сторождений подземной выплавки серы, подземного выщелачивания урана, меди, золота и других металлов.

Для выбора правильной методики разведки уже в стадии поисково-оценочных работ необходимо выявить и оценить природные факторы, обеспечивающие возможность применения геотехнологических методов:

- свойства руд, способствующие переводу элемента в подвижное состояние (свойство серы плавиться при температуре 119°C, растворимость ряда соединений урана, меди и других металлов в слабоконцентрированных кислотах);

- свойства залежей, определяющие условия доставки рабочего агента к месту реакции и отвод продуктов (проницаемость вмещающих пород);

- свойства залежей, позволяющие искусственно изменять проницаемость пород (например, способность к трещинообразованию при подземных взрывах);

- свойства руд и вмещающих пород, определяющие их взаимодействие с рабочими агентами и непроизводительные утечки рабочих агентов (химическая активность вмещающих пород, наличие тектонических нарушений, нарушения сплошности водоупоров и др.).

## **§ 2. Особенности поисков и разведки месторождений ценных минералов и кристаллов**

К числу важнейших месторождений полезных минералов и кристаллов относятся месторождения талька, графита, асбеста, гипса, ангидрита, слюд, драгоценных и технических камней. По условиям залегания и строению они разделяются на две группы.

В первую группу входят месторождения ценных минералов, образующие выдержанные залежи мономинерального состава, как правило, сплошного строения (тальк, графит, гипс, ангидрит, вермикулит и, в меньшей степени, асбест).

Вторую группу образуют месторождения ценных кристаллов (мусковита, драгоценных, поделочных и технических камней), расположенных во вмещающих породах в виде изолированных вкраплений или гнезд, которые часто объединяются в продуктивные залежи и зоны весьма прерывистого строения.

В зависимости от производственного назначения ценных минералов и кристаллов промышленность предъявляет к ним самые различные требования, которые устанавливаются специальными технологическими условиями (ТУ) или государственными стандартами (ГОСТ). Для решения вопроса о том, в какой степени полезные минералы или кристаллы отвечают установленным требованиям промышленности, в процессе разведки месторождений проводятся их сортировка и специальные испытания.

Месторождения конкретных полезных минералов и кристаллов характеризуются сравнительно простым, часто однокомпонентным минеральным составом, не сопровождаются отчетливыми геохими-

ческими ареалами и ореолами и редко проявлены аномальными геофизическими полями.

Исключение в этом отношении представляют трубки алмазосодержащих кимберлитов, образующие отчетливые магнитометрические аномалии и графитовые залежи, обладающие повышенной электропроводимостью. Месторождения полезных кристаллов, устойчивых в зоне гипергенеза, сопровождаются потоками их рассеяния в аллювиальных, делювиальных и элювиальных отложениях.

Ограниченность поисковых признаков полей и месторождений полезных минералов и кристаллов осложняет проведение поисковых работ. Для обнаружения месторождений драгоценных, поделочных минералов и алмазов успешно используются шлихметрические методы (для алмазов в комплексе с магнитометрическими съемками), а выявление остальных месторождений этой группы возможно лишь с применением визуальных геолого-минералогических методов. Поэтому при проведении поисковых работ первостепенное значение приобретают благоприятные геологические предпосылки, к выявлению и комплексированию которых следует относиться особенно внимательно.

При разведках месторождений слюды, асбеста, пьезооптического сырья, драгоценных, поделочных и облицовочных камней и некоторых других полезных минералов производится сортировка и специальные технические испытания. Так, например, при разведке мусковитовых месторождений валовым опробованием (реже опробованием керна) устанавливается выход забойного сырца — кристаллов мусковита размером по плоскости спайности не менее 4 см<sup>2</sup>. Содержание забойного сырца выражается в килограммах на 1 м<sup>3</sup> жильной массы. Забойный сырец подвергается разборке и из него выделяют промышленный сырец — кристаллы мусковита тех же размеров, поверхность которых на плоскостях спайности не содержит видимых дефектов (трещин, проколов, минеральных включений и др.).

Исключительно высокая ценность некоторых видов кристаллосырья связана с их редкой встречаемостью в природе, малыми размерами минеральных скоплений и весьма низкими их концентрациями в недрах. К их числу относятся алмазы, пьезооптические минералы, драгоценные и полудрагоценные камни. Месторождения этих видов минерального сырья характеризуются крайне невыдержанным гнездовым распределением полезных минералов или столь редкой и неравномерной их вкрапленностью во вмещающих породах, что обычные методы опробования не обеспечивают уверенных статистических данных для оценки средних содержаний. Поэтому опробование производится валовыми способами или в процессе проходки горных выработок с оценкой выхода полезного минерала на всю добытую массу вмещающих пород. Если содержание полезного минерала составляет миллионные весовые доли (например, караты для алмазов), появляется необходимость расчета минимальных весов проб, в которых с заданной вероятностью можно ожидать появления хотя бы одного кристалла полезного минерала.

### § 3. Особенности поисков и разведки месторождений полезных горных пород

Многие осадочные, магматические и метаморфические горные породы широко используются промышленностью в самых различных целях и могут рассматриваться как особые виды полезных ископаемых. По мнению В. М. Борзунова, все они могут быть разделены на две группы.

В первую группу входят месторождения полезных горных пород, используемых в природном состоянии или после их механической обработки. Это строительные и облицовочные материалы (магматические, осадочные и метаморфические породы), дорожно-строительные материалы и наполнители бетона (галечники, щебень, гравий, строительные пески и др.).

Вторую группу образуют месторождения полезных пород, используемых после термической или химической обработки. К ним относятся керамическое и стекольное сырье (стекольные пески, полевые шлаты, глины и каолиниты), огнеупорные и тугоплавкие материалы (огнеупорные глины, кварциты, оливины и дуниты), цементное сырье (мергели, глина, легкоплавкие глины), сырье для каменного литья (базальты, диабазы, лёсс), минеральные краски (охры, шунгиты и др.) и комплексное сырье (известняки, глины, доломиты, мел, пески, глины и др.).

Полезные горные породы представляют собой относительно дешевое минеральное сырье, которое потребляется народным хозяйством в огромных количествах. Месторождения полезных горных пород пользуются весьма широким распространением и, как правило, разрабатываются открытым способом. Качество полезных пород зависит от производственного назначения каждого вида минерального сырья. Требования промышленности к ним определяются техническими условиями и государственными стандартами. Они исключительно разнообразны и часто весьма специфичны, особенно для месторождений второй группы.

Месторождения полезных горных пород обладают простыми и выдержанными формами, крупными размерами и сплошным равномерным строением залежей. Чаще всего это одиночные пласты, группы сближенных пластов или массивы магматических пород.

Понятия о благоприятных предпосылках и признаках при прогнозировании месторождений полезных пород сближаются, поскольку представления о вмещающих породах в данном случае отсутствуют. Они выявляются по совокупности геолого-формационных признаков на основании анализа геологических, литологических, геоморфологических и других специализированных карт, а поиски месторождений осуществляются в масштабах 1 : 50 000—1 : 25 000 визуальными геологическими методами с применением необходимого комплекса поисковых поверхностных горных работ и скважин.

Поисково-разведочные работы производятся на выявленных

участках потенциально полезных горных пород и сопровождаются опробованием по редкой сети пересечений для определения их свойств (в соответствии с требованиями ТУ или ГОСТа), ориентировочных запасов и горно-геологических условий их разработки.

В процессе предварительной детальной разведки помимо уточнения условий залегания, морфологии и строения залежей проводятся комплексные исследования состава и свойств полезных пород, с учетом возможности их использования в других отраслях промышленности и сельского хозяйства. Полное изучение состава и свойств полезных пород обеспечивает комплексное и экономически более эффективное использование недр для нужд народного хозяйства, но требует расширения видов анализов и дополнительных испытаний проб. Так, например, пески могут использоваться в стекольном производстве в качестве формовочного материала для производства силикатного кирпича, блоков, пено- и газосиликатных изделий как добавка к цементу, для штукатурных и кладочных растворов — в качестве абразивных материалов и т. д.

Простые геологические условия месторождений и невысокая ценность большинства полезных пород (каменных строительных материалов, наполнителей бетона, керамического, стекольного и цементного сырья) позволяют проводить разведку этих месторождений ограниченным числом буровых скважин и по редкой разведочной сети. Как правило, промышленностью осваиваются только те месторождения, которые находятся в благоприятных географо-экономических условиях, в непосредственной близости от потребителей, могут разрабатываться открытым способом при коэффициенте вскрыши не более 1:1 и абсолютных мощностях вскрыши менее десяти метров.

В связи с низкой стоимостью единицы минерального сырья большое значение приобретает точное оконтуривание вскрышных пород, особенно на поздних стадиях разведки, по результатам которой проектируется и планируется развитие добычных работ. При разведке нередко приходится сгущать сеть буровых скважин не для уточнения сведений по запасам полезного ископаемого, а для выявления характера подошвы вскрышных пород, поверхности погребенного палеорельефа, оконтуривания карстовых размывов и полостей. Часто с этой целью используются геофизические методы (вертикальное электрическое зондирование, инженерно-сейсмическое профилирование и др.).

#### **§ 4. Особенности поисков и разведки месторождений твердых горючих ископаемых**

К числу твердых горючих ископаемых относятся торфы, ископаемые угли, горючие сланцы, асфальты, озокериты, пиробитумы и др. Ведущая роль среди них принадлежит ископаемым углям, на которые приходится более 95 % добычи твердых горючих ископаемых. Подчиненное значение имеют горючие сланцы и торфа.

Месторождения ископаемых углей связаны с угленосными формациями парагеосинклинального и платформенного типов. Парагеосинклинальные формации отличаются большими мощностями, складчатым строением, макро- и микроритмичностью отложений, устойчивостью разрезов, большим числом угольных пластов и высокой степенью их метаморфизма. Угольные формации платформенного типа характеризуются меньшими мощностями, субгоризонтальным залеганием и содержат меньшее число слабометаморфизованных угольных пластов. Как правило, угольные месторождения группируются в районы, которые объединяются в контурах угольных бассейнов.

Промышленная классификация углей основана на степени их углефикации и метаморфизма. По степени метаморфизма различают слабометаморфизованные бурые угли, умереннометаморфизованные каменные угли и сильнометаморфизованные антрациты. Внутри этих групп угли различаются по маркам, которыми определяются области их наиболее рационального использования в народном хозяйстве. Так, бурые угли в зависимости от влажности разделяются на три марки:  $B_1$  — более 40 %,  $B_2$  — от 30 до 40 % и  $B_3$  — менее 30 % влаги. Каменные угли маркируются в основном по теплоте сгорания и выходу летучих с выделением длиннопламенных (Д), газовых (Г), жирных (Ж), коксовых (К), отощенных спекающихся (ОС) и тощих (С) углей. Антрациты подразделяются по объемному выходу летучих на две марки: полуантрациты (ПА) и антрациты (А).

Помимо марок углей основными геолого-промышленными параметрами месторождений считаются мощность и зольность угольных пластов.

При изучении петрографического состава углей различают четыре их важнейших ингредиента: витрен, фюзен, кларен и дюрен, от содержания которых зависят выход летучих компонентов и другие качественные характеристики углей. Оценка горючих и негорючих частей топлива устанавливается по данным технического анализа, который включает в себя определение: влаги  $W$ , золы  $A$ , летучих веществ  $V^r$ , коксового остатка  $K^r$ , серы общей  $S_{\text{общ}}$ , теплоты сгорания  $Q$ .

Поиски угольных месторождений производятся на территории угленосных провинций или районов в масштабах 1:200 000 — 1:50 000 для установления и оценки угленосности конкретных площадей, количества, мощности и строения угольных пластов. Поисково-съёмочные работы проводятся по маркирующим горизонтам (в парагеосинклинальных бассейнах с выделением и увязкой микроритмов), детальные поиски — с применением поискового бурения, шурфов и канав. Колонковые скважины поискового бурения располагаются на расстояниях от 1—2 до 3—6 км друг от друга и бурятся на глубины до 150—200 м.

В качестве признаков угленосности используются высыпки обломков углей, выносы угольного шлама, осветленных глинистых пород (меловок) или красных обожженных пород, образующихся

при подземных пожарах (горельников), выходы углистых сланцев или тонких угольных прослоев.

Разведка угольных месторождений осуществляется скважинами колонкового бурения. В стадии предварительной разведки редкими сетями скважин (0,25—2 скважины на 1 км<sup>2</sup>) в пределах угленосных районов оконтуриваются рабочие площади. Детальные разведочные работы ограничиваются, как правило, площадями проектируемых шахтных полей, в пределах которых выделяются и оконтуриваются блоки категорий А, В и С<sub>1</sub>.

Опробование угольных пластов производится бороздами сечениями 5—10×10—15 см. В начале разведки отбирают пластово-дифференцированные пробы отдельно по каждому прослою угля и разделяющих его пород, а после выяснения особенностей строения пластов — пластово-промышленные пробы, охватывающие всю выемочную мощность угольного пласта

Особое внимание уделяется изучению гидрологических условий и газоносности угольных месторождений, определяющих условия будущей их эксплуатации

Важнейшим кондиционным параметром для оконтуривания балансовых запасов углей считается предельно допустимая (рабочая) мощность угольного пласта.

В качестве показателя кондиционности  $K$  угольных пластов используется, выраженное в процентах, отношение суммарных площадей блоков с кондиционной рабочей мощностью к величине площади пласта в промышленном контуре. По величине показателя кондиционности различают четыре группы пластов: устойчивые ( $K \sim 100\%$ ) относительно устойчивые ( $K = 75—100\%$ ); неустойчивые ( $K = 50—75\%$ ), очень неустойчивые ( $K$  менее  $50\%$ ). Другими важными кондиционными параметрами являются предельная зольность углей и максимально допустимый коэффициент вскрыши угольных разрезов.

## § 5. Особенности поисков и разведки месторождений жидких горючих ископаемых, газов и природных вод

К числу жидких и газообразных полезных ископаемых относятся нефть, горючие газы и природные воды, условия формирования и проявления которых настолько своеобразны, что уже давно изучаются в самостоятельных научных дисциплинах. Ниже рассматриваются только некоторые принципиальные отличия методики их поисков и разведки от поисков и разведки месторождений твердых полезных ископаемых.

От месторождений твердых полезных ископаемых нефтегазонасыщенные месторождения отличаются:

- способностью нефти и газа к передвижению в горных породах при изменении термодинамических условий;
- своеобразными формами залежей, зависящими от сочетания литолого-фациальных особенностей разреза, типа складчатых структур и проявления разрывной тектоники;

— различной нефте- и газонасыщенностью участков залежей, в зависимости от литологического состава, тектонических особенностей и физико-механических свойств коллекторов,

— зависимостью контуров нефте- и газоносности от динамики пластовых вод, наличия разрывных нарушений, от положения и количества скважин, пробуренных в контурах или вблизи залежей

При наличии коллекторов благоприятными структурами для формирования нефтяных и газовых месторождений в пределах нефтеносных областей являются антиклинальные складки, куполовидные поднятия и моноклинали со стратиграфическими или фациально выклинивающимися нефтеносными толщами.

Поискам нефти и газа предшествуют региональные геолого-геофизические работы масштабов 1:500 000 — 1:200 000, подготовка площадей к поисковому бурению геолого-геофизическими методами в масштабе 1:50 000, структурное, опорное и параметрическое бурение на нефть и газ.

В задачу региональных геолого-геофизических работ входит оценка общих перспектив нефтегазоносности региона, выделение нефтегазоносных зон и площадей, благоприятных для формирования «ловушек» нефти и газа. В процессе подготовки площадей к поисковому бурению локализуются участки потенциальных месторождений нефти и газа, площади которых, в зависимости от сложности геологического строения района, могут изменяться от десятков до тысяч квадратных километров. Оценка перспектив потенциально нефтегазоносных площадей производится по категории  $D_1$  (прогнозные ресурсы), а в уже известных нефтегазоносных районах по категории  $C_2$ .

Поиски нефтяных и газовых месторождений осуществляются бурением одиночных роторных или турбинных скважин в центрах выявленных перспективных структур. В районах простого строения открытие месторождения обеспечивается, как правило, бурением одной-двух скважин, а в сложных районах число поисковых скважин возрастает до трех-пяти. В задачу поисковых работ входит обнаружение газонефтяных залежей и предварительная геолого-экономическая оценка выявленных месторождений с подсчетом запасов нефти, газа, конденсата<sup>1</sup> и других сопутствующих компонентов (гелия, серы и т.д.) по категориям  $C_1$  и  $C_2$ .

Разведка нефтяных и газовых месторождений проводится с помощью буровых скважин роторного или турбинного бурения, которые располагаются по изометрической или прямоугольной сети (по разведочным профилям) в зависимости от ориентировки и размеров залежей, степени выдержанности нефтегазоносных пластов и сложности тектоники месторождения.

---

<sup>1</sup> Конденсатом называется жидкая часть газоконденсатов природной системы взаиморастворимых газообразных и легкокипяющих жидких нефтяных углеводородов. В термодинамических условиях земных недр они находятся в газообразном фазовом состоянии, а в условиях дневной поверхности, при охлаждении и снижении давления до атмосферного — выпадают в виде конденсата.

В процессе разведки производится подготовка месторождения к промышленному освоению, а запасы нефти и газа подсчитываются и оцениваются по категориям С<sub>1</sub> и В. Запасы категории А устанавливаются только по результатам опытно-эксплуатационных работ.

В числе балансовых запасов нефти и конденсата выделяются и учитываются извлекаемые запасы, т.е. запасы, которые могут быть извлечены при наиболее полном и рациональном использовании современной техники.

Расстояния между скважинами при разведке крупных и выдержанных нефтесодержащих пластов для подсчета запасов по категории В измеряются первыми километрами, а для небольших и невыдержанных пластов уменьшаются до сотен метров.

По каждой разведочной скважине проводится комплекс геологических и промыслово-геофизических наблюдений, отбираются образцы пород и пробы нефти, газа, конденсата и нефтяных вод.

Запасы нефти и газа подсчитываются на структурных планах объемным методом раздельно для каждой изолированной залежи.

Объемный метод основан на определении объема продуктивного пласта в контурах нефтяной или газовой залежи. Общие запасы нефти  $Q_0$  подсчитываются по формуле

$$Q_0 = Fhm\beta_n\theta d,$$

где  $F$  — площадь залежи, м<sup>2</sup>;  $h$  — средняя эффективная мощность пласта, м;  $m$  — коэффициент эффективной пористости (отношение объема пор к объему залежи), доли ед.;  $\beta_n$  — коэффициент нефтенасыщенности пород (степень заполнения пор нефтью), доли ед.;  $\theta$  — пересчетный коэффициент, учитывающий изменение объема пластовой нефти при подъеме ее на поверхность;  $d$  — плотность.

Коэффициент  $m$  определяется опытным путем по образцам, полученным из скважин. Коэффициент  $\beta_n$  зависит от гидростатического давления краевых вод и других факторов. Его величина колеблется от 0,5 до 0,8.

Для расчета извлекаемых запасов нефти  $Q_n$  общие ее запасы умножаются на коэффициент нефтеотдачи:

$$Q_n = Q_0 k_n.$$

Зависит  $k_n$  от способов эксплуатации, температуры и газового давления нефтяной залежи, физических свойств нефти и других факторов. Его величина может изменяться от 0,2 до 0,8.

При подсчете запасов свободного газа объемным методом коэффициент нефтеотдачи принимается равным единице. Общие запасы газа  $V$  зависят от площади залежи  $F$ , эффективной мощности газонасыщенного пласта  $h$ , коэффициента эффективной пористости  $m$  и величины пластового давления в залежи газа  $p$  на дату подсчета. В общую подсчетную формулу

$$V = Fhm p$$

вводятся поправки за отклонение углеводородных газов от идеальных и за температуру.

*Подземные воды* используются в самых различных отраслях народного хозяйства: для питьевого и технического водоснабжения, в качестве сырья для извлечения ценных компонентов, для орошения сельскохозяйственных угодий и водопоя скота, для лечебных и других целей. В естественных условиях подземные воды находятся в непрерывном движении, в связи с чем их количество и качество изменяются во времени как под влиянием природных условий, так и в результате эксплуатации. Эта особенность подземных вод, а также способность частично или полностью восполняться в процессе эксплуатации отличают их от всех других видов твердых и жидких полезных ископаемых. При оценке запасов подземных вод помимо их объема требуется знать расход естественного потока и во всех случаях — обеспеченность восполнения подземных вод, отбираемых при эксплуатации.

Объем гравитационной воды, содержащейся в порах и трещинах пород, называется *вековыми*, или *статическими* запасами, а расход естественного подземного потока отождествляется с понятием *динамических* запасов подземных вод.

Количество (расход) подземных вод, которое может быть получено из водоносных горизонтов рациональными водозаборными сооружениями при заданном режиме эксплуатации и качестве вод, называется *эксплуатационными* запасами подземных вод. Эксплуатационные запасы выражаются в кубических метрах в сутки и подлежат оценке, подсчету и учету по результатам разведочных работ.

Разведка подземных вод осуществляется колонковыми, глубокими роторными и турбинными скважинами с применением комплекса геофизических работ. С помощью скважинных геофизических методов устанавливаются мощности, строение и фильтрационные свойства водовмещающих пород. Разведочные работы сопровождаются комплексом лабораторных исследований по опробованию водопроницаемых свойств пород, физико-химических и бактериологических свойств вод.

#### Контрольные вопросы

1. В чем заключаются особенности поисков рудных месторождений?
2. Как группируются рудные месторождения по сложности их строения и масштабам поисковых работ?
3. Каковы особенности разведки рудных месторождений?
4. В чем заключаются особенности поисков и разведки месторождений ценных минералов и кристаллов?
5. Каковы особенности поисков и разведки полезных горных пород?
6. Каковы особенности поисков и разведки твердых горючих ископаемых?
7. В чем заключаются основные особенности поисков нефтяных и газовых месторождений?
8. Каковы особенности разведки и подсчета запасов нефтяных и газовых месторождений?
9. В чем заключаются основные особенности поисков и разведки подземных вод?

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

---

1. *Альбов М. Н.* Опробование месторождений полезных ископаемых. М., Недра, 1975.
2. *Альбов М. Н., Быбочкин А. М.* Рудничная геология. М., Недра, 1973.
3. *Аристов В. В.* Поиски твердых полезных ископаемых. М., Недра, 1975.
4. *Аэрогаммаспектрометрический метод поисков рудных месторождений.* Методическое руководство/Под ред. В. П. Воробьева. Л., Недра, 1977.
5. *Барсуков В. А., Григорян С. В., Овчинников Л. Н.* Геохимические методы поисков рудных месторождений. М., Наука, 1981.
6. *Бирюков В. И., Королев Б. Н., Петров В. А.* Определение оптимальной сети предварительной разведки пластообразных месторождений. М., Недра, 1972.
7. *Брылов С. А., Куров Н. Ф., Сергеев В. С.* Охрана природы при разведке и разработке полезных ископаемых. М., МГРИ, 1977.
8. *Быховер Н. А.* Способы оценки прогнозных запасов твердых полезных ископаемых. М., ВИЭМС, 1973.
9. *Геологические критерии поисков россыпей.* М., Недра, 1981.
10. *Геофизические методы поисков и разведки/Под ред. В. П. Захарова.* Л., Недра, 1982.
11. *Гинзбург А. И., Кузьмин В. И., Сидоренко Г. А.* Минералогические исследования в практике геологоразведочных работ. М., Недра, 1981.
12. *Инструкция по геохимическим методам поисков рудных месторождений.* М., Недра, 1983.
13. *Каждан А. Б.* Поиски и разведка месторождений полезных ископаемых. Научные основы поисков и разведки полезных ископаемых. М., Недра, 1984.
14. *Каждан А. Б., Гуськов О. И., Шиманский А. А.* Математическое моделирование в геологии и разведке полезных ископаемых. М., Недра, 1979.
15. *Каждан А. Б., Соловьев Н. Н.* Поиски и разведка месторождений редких и радиоактивных металлов. М., Недра, 1982.
16. *Ковалевский А. Л.* Биогеохимические поиски рудных месторождений. М., Недра, 1974.
17. *Количественное прогнозирование при региональных металлогенических исследованиях.* Л., ВСЕГЕИ, 1979.
18. *Коц Г. А., Чернопяттов С. Ф., Шманенков И. В.* Технологическое опробование и картирование месторождений. М., Недра, 1980.
19. *Красников В. И.* Основы рациональной методики поисков рудных месторождений. М., Недра, 1965.
20. *Крейтер В. М.* Поиски и разведка месторождений полезных ископаемых. М., Недра, 1969.
21. *Пахомов М. И., Пахомов В. И.* Новый способ выделения зоны гидротермально-метасоматических изменений по петрофизическим данным. М., ОНТИ, ВИЭМС. Сер. общая и региональная геол. и геол. картирование, 1980, № 8.
22. *Поиски и разведка месторождений полезных ископаемых/Е. О. Погребинский, С. В. Парадеев, Г. С. Поротов и др., 2-е изд.* М., Недра, 1977.
23. *Правила безопасности при геологоразведочных работах.* М., Недра, 1979.
24. *Принципы и методика геохимических исследований при прогнозировании и поисках рудных месторождений (методические рекомендации)/Под ред. А. А. Смыслова.* Л., Недра, 1979.
25. *Прокофьев А. П.* Практические методы подсчета запасов рудных месторождений. М., Госгеолыздат, 1953.
26. *Справочные данные о методах измерения химического состава горных пород, руд и продуктов их переработки.* М., Недра, 1979.
27. *Тархов А. Г., Бондаренко В. М., Никитин А. А.* Комплексирующие геофизические методы. М., Недра, 1982.
28. *Тархов А. Г., Бондаренко В. М., Никитин А. А.* Принципы комплексирования в разведочной геофизике. М., Недра, 1977.
29. *Чумаченко Б. А., Власов Е. П., Марченко В. В.* Системный анализ при геологической оценке перспектив рудоносности территорий. М., Недра, 1980.

# ОГЛАВЛЕНИЕ

---

Предисловие . . . . .	3
<b>ЧАСТЬ I</b>	
<b>ОРГАНИЗАЦИЯ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫХ РАБОТ</b>	
Глава 1. Планирование и организация геологоразведочных работ . . .	4
§ 1. Управление геологоразведочными работами . . . . .	4
§ 2. Перспективные, текущие и оперативные планы геологоразведочных работ . . . . .	6
§ 3. Производственные особенности геологоразведочных работ . . . . .	7
§ 4. Очередность выполнения поисковых и разведочных работ и их взаимодействие во времени . . . . .	8
§ 5. Календарные планы-графики выполнения работ . . . . .	9
§ 6. Техника безопасности и противопожарные мероприятия при проведении геологоразведочных работ . . . . .	9
§ 7. Мероприятия по охране окружающей среды . . . . .	11
Глава 2. Проектирование геологоразведочных работ . . . . .	12
§ 1. Геологическое задание и необходимость проектирования по стадиям геологоразведочных работ . . . . .	12
§ 2. Геологическое обоснование и геолого-прогнозная основа проекта . . . . .	14
§ 3. Составление вариантов технических решений важнейших поисковых и разведочных задач и их геолого-экономическое обоснование . . . . .	20
§ 4. Методы сравнения конкурирующих вариантов и выбор оптимального варианта . . . . .	22
§ 5. Расчет экономической эффективности использования новой техники . . . . .	23
§ 6. Производственно-техническая часть проекта . . . . .	23
§ 7. Составление смет на проведение поисковых и разведочных работ . . . . .	24
<b>ЧАСТЬ II</b>	
<b>ПОИСКИ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ</b>	
Глава 3. Составление геологической основы поисков . . . . .	26
§ 1. Объекты и масштабы проведения поисковых работ . . . . .	26
§ 2. Геологическая карта как основа для выявления благоприятных предпосылок полезных ископаемых . . . . .	27
§ 3. Требования к кондиционности геологических карт . . . . .	30
§ 4. Структурно-геофизическая основа карт . . . . .	31
§ 5. Использование космо- и аэроснимков при составлении геологических и ландшафтных карт . . . . .	34
§ 6. Составление карт районирования территорий по природным условиям поисков . . . . .	35
§ 7. Представительный горизонт и критическая мощность осадков . . . . .	38
§ 8. Особенности составления геологических карт для целей поисков слабопроявленного, перекрытого или слепого оруденения . . . . .	39
§ 9. Специализированные виды геолого-геофизического и геохимического картирования . . . . .	40
Глава 4. Методы поисков полезных ископаемых . . . . .	42
<i>Геолого-минералогические методы поисков . . . . .</i>	43
§ 1. Наземные визуальные . . . . .	43
§ 2. Аэровизуальные . . . . .	44
§ 3. Валунно-обломочные . . . . .	44

§ 4. Шлиховые . . . . .	46
<i>Геофизические методы поисков . . . . .</i>	49
§ 5. Магнитометрические . . . . .	50
§ 6. Электроразведочные . . . . .	50
§ 7. Радиометрические . . . . .	51
§ 8. Ядерно-физические . . . . .	52
<i>Геохимические методы поисков . . . . .</i>	53
§ 9. Литохимические методы поисков по первичным (эндогенным) ореолам . . . . .	53
§ 10. Литохимические методы поисков по вторичным (остаточным) ореолам . . . . .	58
§ 11. Литохимические методы поисков по потокам рассеяния в донных осадках . . . . .	59
§ 12. Гидрохимические . . . . .	60
§ 13. Биохимические . . . . .	63
§ 14. Атмохимические . . . . .	64
<i>Условия применения поисковых методов и комплексы выявляемых ими полезных ископаемых . . . . .</i>	65

<b>Глава 5. Оптимизация условий поисковых работ . . . . .</b>	<b>67</b>
§ 1. Принципы комплексирования поисковых методов . . . . .	68
§ 2. Выбор рациональных комплексов поисковых методов . . . . .	69
§ 3. Выбор оптимального комплекса и соотношений горных и буровых работ . . . . .	71
§ 4. Оптимизация геометрии поисковых сетей . . . . .	73
§ 5. Требования к геологической документации объектов наблюдений . . . . .	75
§ 6. Выбор рациональных методов шлихового, геохимического и рядового опробования . . . . .	77
§ 7. Принципы выбора участков детализационных работ и рационального комплекса методов их перспективной оценки . . . . .	82
§ 8. Оптимизация условий поисков слабопроявленного, перекрытого и слепого оруденений . . . . .	84
§ 9. Особенности проведения поисковых работ на территориях с установленными и неясными перспективами рудоносности . . . . .	86
§ 10. Охрана окружающей среды при проведении поисковых работ . . . . .	88
<b>Глава 6. Оценка результатов поисковых работ . . . . .</b>	<b>90</b>
§ 1. Составление обобщающих документов . . . . .	90
§ 2. Методы обработки и обобщения исходных данных . . . . .	93
§ 3. Методы оценки аномалий, аномальных зон, проявлений полезной минерализации и рудопроявлений . . . . .	100
§ 4. Количественные методы оценки прогнозных ресурсов . . . . .	102
§ 5. Геолого-экономическая оценка ресурсов потенциальных рудных полей и месторождений . . . . .	109

### ЧАСТЬ III

## РАЗВЕДКА МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

<b>Глава 7. Оптимизация условий разведочных работ . . . . .</b>	<b>114</b>
§ 1. Объекты работ на разных стадиях разведки и принципы оптимизации разведочной сети . . . . .	115
§ 2. Факторы, определяющие выбор технических средств и системы разведочных работ . . . . .	117
§ 3. Практические приемы оптимизации разведочной сети при проектировании разведочных работ . . . . .	121
§ 4. Практические приемы оптимизации разведочной сети в процессе разведочных работ . . . . .	126
§ 5. Приемы оценки оптимальности сети после завершения разведочных работ . . . . .	134

<b>Глава 8. Опробование разведочных выработок и скважин . . . . .</b>	
§ 1. Способы отбора проб в разведочных горных выработках . . . . .	
§ 2. Способы отбора проб в скважинах колонкового бурения . . . . .	
§ 3. Погрешности пробоотбора в колонковых скважинах и меры, способствующие их снижению . . . . .	147
§ 4. Способы пробоотбора при бескерновом бурении . . . . .	149
§ 5. Факторы, определяющие выбор способа отбора проб и важнейшие параметры пробоотбора . . . . .	149
§ 6. Отбор групповых проб . . . . .	153
§ 7. Ядерно-физические методы опробования . . . . .	153
§ 8. Обработка проб . . . . .	156
§ 9. Анализы и испытания проб . . . . .	160
§ 10. Способы определения объемных масс и других физических свойств пород и руд . . . . .	163
§ 11. Контроль процесса пробоотбора и качества анализов проб . . . . .	164
<b>Глава 9. Изучение месторождений в процессе разведочных работ . . . . .</b>	167
§ 1. Топогеодезические и маркшейдерские работы . . . . .	168
§ 2. Геологическое изучение горных разведочных выработок и скважин . . . . .	169
§ 3. Геофизические исследования в горных выработках и скважинах . . . . .	174
§ 4. Минералого-геохимические исследования в разведочных выработках и скважинах . . . . .	177
§ 5. Использование геохимических данных для поисков слепых рудных тел и оценки рудоносности глубоких горизонтов . . . . .	178
§ 6. Изучение каменного материала и составление коллекций . . . . .	180
§ 7. Гидрогеологическое изучение горно-разведочных выработок и скважин . . . . .	181
§ 8. Изучение техникологических свойств минерального сырья . . . . .	183
§ 9. Изучение горно-геологических условий эксплуатации месторождений . . . . .	186
§ 10. Обобщение первичных материалов и составление сводных документов . . . . .	187
<b>Глава 10. Методика подсчета запасов полезных ископаемых . . . . .</b>	192
§ 1. Практические способы подсчета запасов и условия их применения . . . . .	192
§ 2. Оконтуривание и блокировка запасов . . . . .	196
§ 3. Вычисление средних значений подсчетных параметров . . . . .	203
§ 4. Поправочные коэффициенты $k$ к подсчету запасов . . . . .	208
§ 5. Подсчет запасов сопутствующих полезных ископаемых и полезных компонентов . . . . .	210
§ 6. Подсчет запасов с использованием ЭВМ . . . . .	215

#### ЧАСТЬ IV

### ОСОБЕННОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫХ РАБОТ НА РАЗНЫХ СТАДИЯХ И ПРИМЕНИТЕЛЬНО К МЕСТОРОЖДЕНИЯМ РАЗЛИЧНЫХ ТИПОВ И ВИДОВ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

<b>Глава 11. Особенности проведения прогнозных, поисковых и поисково-оценочных работ . . . . .</b>	218
§ 1. Региональное геологическое изучение территории СССР . . . . .	219
§ 2. Геологосъемочные работы масштаба 1 : 50 000 (1 : 25 000) с общими поисками полезных ископаемых . . . . .	222
§ 3. Поисковые работы . . . . .	224
§ 4. Поисково-оценочные работы . . . . .	225
<b>Глава 12. Особенности проведения допроектных разведочных работ . . . . .</b>	229
§ 1. Предварительная разведка . . . . .	229
§ 2. Детальная разведка . . . . .	235

Глава 13. Геологоразведочные работы в условиях проектируемого или действующего горного предприятия . . . . .	242
§ 1. Доразведка месторождений . . . . .	243
§ 2. Эксплуатационная разведка . . . . .	246
§ 3. Задачи рудничной геологической службы . . . . .	249
Глава 14. Поиски и разведка месторождений различных морфогенетических типов . . . . .	251
§ 1. Особенности поисков и разведки пластовых и стратиформных месторождений . . . . .	251
§ 2. Особенности поисков и разведки остаточных плащеобразных месторождений . . . . .	253
§ 3. Особенности поисков и разведки магматических и постмагматических жильных, штокверковых и трубообразных месторождений . . . . .	256
§ 4. Особенности поисков и разведки россыпей . . . . .	260
§ 5. Особенности поисков и разведки месторождений с залежами прерывистого строения . . . . .	264
Глава 15. Поиски и разведка месторождений полезных ископаемых различных видов . . . . .	272
§ 1. Особенности поисков и разведки рудных месторождений . . . . .	272
§ 2. Особенности поисков и разведки месторождений ценных минералов и кристаллов . . . . .	275
§ 3. Особенности поисков и разведки месторождений полезных горных пород . . . . .	277
§ 4. Особенности поисков и разведки месторождений твердых горючих ископаемых . . . . .	278
§ 5. Особенности поисков и разведки месторождений жидких горючих ископаемых, газов и природных вод . . . . .	280
Список литературы . . . . .	284

**Алексей Борисович Каждан**

**ПОИСКИ И РАЗВЕДКА МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ.  
ПРОИЗВОДСТВО ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫХ РАБОТ**

---

**Редактор издательства Л. А. Дубкова**  
**Художественный редактор Г. Н. Юрчевская**  
**Технический редактор Е. В. Воробьева**  
**Корректор Л. М. Кауфман**  
 ИБ № 5559

---

Сдано в набор 12.04.85. Подписано в печать 04.10.85. Т-20052. Формат 60×90<sup>1/16</sup>. Бумага книжно-журнальная. Гарнитура «Литературная». Печать высокая. Усл.печ. л. 18,0. Усл.кр.-отт 18,0. Уч.-изд. л. 21,0. Тираж 6500 экз. Заказ № 147/9352-2. Цена 1 руб.

---

Ордена «Знак Почета» издательство «Недра», 103633, Москва, К-12, Третьяковский проезд, 1/19

Ленинградская типография № 8 ордена Трудового Красного Знамени Ленинградского объединения «Техническая книга» им. Евгении Соколовой Союзполиграфпрома при Государственном комитете СССР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли 190000, Ленинград, Прачечный переулок, 6