

ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
КЫРГЫЗСКО-РОССИЙСКИЙ СЛАВЯНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ЕСТЕСТВЕННО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ  
Кафедра «Физические процессы горного производства»

**Н.Н. Малюкова, Л.И. Зубченко**

**МЕТОДИЧЕСКОЕ РУКОВОДСТВО  
ДЛЯ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ  
ПО КУРСУ «ГЕОЛОГИЯ»**

для студентов II курса  
специальности 131201.65 «Физические процессы  
горного и нефтегазового производства»

Бишкек 2014

Рецензенты:

зав. кафедрой «Геология полезных ископаемых» *О.Д. Кабаев*,  
зав. кафедрой «Физические процессы горного производства»

*М.М. Шамсутдинов*

Рекомендовано к изданию НТС КРСУ

М 54 МЕТОДИЧЕСКОЕ РУКОВОДСТВО ДЛЯ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ ПО КУРСУ «ГЕОЛОГИЯ» для студентов специальности 131201.65 «Физические процессы горного производства и нефтегазового производства» / Сост.: Н.Н. Малокова, Л.И. Зубченко. Бишкек: КРСУ, 2014. 55 с.

Методическое руководство для практических занятий по курсу «Геология» для студентов специальности 131201.65 «Физические процессы горного производства и нефтегазового производства» составлено в соответствии с учебным планом и программой курса «Геология».

В руководстве изложены основные сведения по опробованию, разведке, подсчету запасов месторождений полезных ископаемых, приведены примеры решения задач по основным разделам, даны задания по практическим занятиям.

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	4
ГЛОССАРИЙ .....	6
I. ПОИСКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ .....	13
1. Задачи по поискам .....	13
II. ОПРОБОВАНИЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ .....	26
2. Задачи по опробованию.....	26
III. РАЗВЕДКА МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ .....	29
3. Задачи по разведке.....	29
IV. ПОДСЧЕТ ЗАПАСОВ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ .....	41
4. Задачи по подсчету запасов .....	41
ТЕКУЩИЙ ИТОГОВЫЙ КОНТРОЛЬ ИЗУЧЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ .....	47
ЛИТЕРАТУРА .....	49
Приложение.....	50

## **ВВЕДЕНИЕ**

Дисциплина «Геология» входит в цикл общепрофессиональных дисциплин и опирается на знания, получаемые студентами при изучении физики, химии, математики, геодезии, начертательной геометрии и графики.

Учебно-методический комплекс по дисциплине «Геология» как часть образовательной программы является совокупностью учебно-методических материалов, способствующих эффективному освоению знаний о Земле, основанных на базе современных достижений геологической науки студентами специальности «Физические процессы горного или нефтегазового производства».

### **Цель преподавания дисциплины**

Основной целью курса «Геология» является формирование у студентов представления о составе, строении и закономерностях развития земной коры, как геологической среды горного производства и подготовка их к восприятию и изучению последующих дисциплин естественнонаучного и профессионального циклов.

### **Задачи изучения дисциплины**

Задачами изучения дисциплины являются:

- формирование у студента научного подхода к изучению окружающего мира;
- изучение природы естественных процессов в ходе эволюции Земли;
- изучение функциональных связей твердой Земли с другими компонентами сложной гетерогенной саморазвивающейся и саморегулирующейся системы планеты – литосферой, гидросферой, атмосферой;
- приобретение необходимых для специалиста знаний по общим вопросам строения и состава Земли;
- изучение состава и основных свойств горных пород и минералов слагающих земную кору;
- ознакомление с геологическими картами и методами их построения;
- ознакомление с основными генетическими типами месторождений и условий их образования;

- получение знаний о морфологии и условиях залегания рудных тел, текстурно-структурных особенностях и вещественном составе руд;
- получение знаний о принципах и методологических основах поисков и разведки месторождений полезных ископаемых;
- ознакомление с методами ведения поисковых и разведочных работ, методами опробования и подсчета запасов месторождений полезных ископаемых;
- получение навыков в составлении геологической документации и в проектировании геологоразведочных работ.

**Целью практических занятий является:** проверка качества усвоения теоретических знаний, полученных студентами из курса лекций; приобретение и закрепление студентами практических навыков в умении ориентироваться в конкретной геологической обстановке, выделение перспективных площадей для поисков определенных полезных ископаемых; обоснование наиболее эффективных для данных условий методов поисков; и развитие самостоятельных практических навыков при проектировании геологоразведочных работ.

## ГЛОССАРИЙ

**Балансовые запасы полезных ископаемых** – это тот объем, который целесообразно разрабатывать при современном уровне техники и экономики.

**Вскрыша** – горные породы, которые надо удалить при открытой разработке полезных ископаемых до верхних частей рудного тела.

**Выработки горные** – полости в земной коре, образовавшиеся в результате проведения горных работ в толще полезного ископаемого или в пустых породах (расчистки, закопушки, канавы, дудки, неглубокие шурфы, карьеры, разрезы – с поверхности; шурфы (глубокие), штольни, штреки, гезенки, орты, квершлагги и др. под поверхностью Земли).

**Геологическая съемка** – комплекс полевых геологических исследований, производимых с целью составления геологических карт и выявления перспектив территорий в отношении полезных ископаемых. Геологическая съемка заключается в изучении естественных и искусственных обнажений (выходов на поверхность) горных пород (определение их состава, происхождения, возраста, форм залегания); затем на топографическую карту наносятся границы распространения этих пород.

**Горная масса** – полезное ископаемое и порода (как в смешанном виде, так и в раздельном), получаемые в результате разработки месторождения.

**Добыча полезного ископаемого** – совокупность технологических процессов по извлечению полезного ископаемого из недр. К добыче относится все количество полезного ископаемого, выданного из недр на поверхность при подземном способе разработки месторождения, вывезенного из карьера – на открытых горных работах, но без учета пород, разубоживающих полезное ископаемое, если они не были включены в подсчет балансовых запасов.

**Жила** – трещина в горных породах, заполненная каким-либо минералом.

**Забой** – конец горной выработки (штольни, шурфа, штрека) или буровой скважины.

**Закопушка** – ямообразная горная выработка для вскрытия коренных горных пород под почвой и дерном.

**Залежь рудная** – скопление полезного ископаемого в земной коре, отчетливо отграниченное от окружающей горной породы.

**Запасы полезных ископаемых** – количество полезных ископаемых в недрах; подсчитываются обычно в тоннах, кг (Au), каратах (алмазы), м<sup>3</sup> (строительные материалы).

**Извлечение** – способность кристаллических веществ, аналогичных по химическому составу и кристаллической форме, давать смешанные кристаллы или явление, выражающееся в свойстве или способности химических элементов (или атомов) замещать друг друга в кристаллах или минералах благодаря близости свойств.

**Карьер** – эксплуатационная открытая горная выработка значительных размеров, служащая для добычи руды и стройматериалов (песка, гравия).

**Категория – А** – запасы детально разведаны, имеют точно определенные границы.

**Категория – В** – предварительно разведанные запасы с примерно определенными контурами.

**Категория – С<sub>1</sub>** – разведанные запасы, имеющие сложное геологическое строение; слабо разведанные запасы.

**Категория – С<sub>2</sub>** – перспективные (имеющие предварительную оценку) запасы.

**Каустобиолиты** – горючие ископаемые (каустос – горючий, биос – жизнь, литос – камень), которые являются продуктами преобразования остатков растительных и животных организмов (торф, горючие сланцы, уголь, нефть, газ).

**Керн буровой** – цилиндрический столбик горной породы, выбуренный колонковым снарядом буровой скважины – документ изучения недр.

**Кондиции** – совокупность требований промышленности к качеству минерального сырья и горногеологическим параметрам мнения при оконтуривании и подсчете запасов в недрах, соблюдением которых достигается правильное разделение запасов по народнохозяйственному значению на балансовые и забалансовые.

**Концентрат** – продукт обогащения полезных ископаемых, в котором содержание ценных минералов выше, чем в исходном сырье.

**Магматические горные породы** – образовавшиеся при застывании и кристаллизации магмы на некоторой глубине или поверхности.

**Месторождение** (полезного ископаемого) – скопление минерального вещества на поверхности или в недрах Земли в результате тех или иных геологических процессов, которое по количеству, качеству и горнотехническим условиям разработки пригодно для промышленного освоения, с положительным экономическим эффектом.

**Месторождение коренное** – скопление полезных ископаемых в коренных породах, т.е. на месте его первоначального образования. Противопоставляется россыпным месторождениям того же полезного ископаемого, например золота, алмазов.

**Метаморфические горные породы** – измененные под действием высоких температур, большого давления, влияния растворов и газов.

**Метасоматические горные породы** – возникающие в процессе замещения одних минералов другими с существенным изменением их химического состава.

**Минеральные ресурсы** – совокупность геологических запасов минерального сырья в недрах района, страны, континента мира в целом, подсчитанных применительно к существующим кондициям на полезные ископаемые с учетом научно-технического прогресса (глубины разработки, эффективности обогащения и др.).

**Минеральное сырье** – полезные ископаемые, вовлеченные (учтенные или используемые) в сферу общественного производства.

**Мощность** – толщина геологических тел (пласта, жилы, свиты, яруса, системы и т.д.). Различают мощность истинную, вертикальную и различные типы видимых.

**Надвиг** – разрывное нарушение обычно с пологим (до  $45^0$  или не более  $60^0$ ) наклоном сместителя, по которому висячий бок поднят относительно лежащего и надвинут на него.

**Недра** – часть земной коры, расположенная ниже почвенного слоя, а при его отсутствии – ниже земной поверхности и дна водоемов и водотоков, простирающаяся до глубин, доступных для геологического изучения и освоения, включая россыпные проявления полезных ископаемых.

**Обогащение полезных ископаемых** – обработка руды с целью его обогащения, повышение содержания полезного компонента, выделения его в чистом виде, удаление вредных примесей.

**Оконтуривание** месторождений полезных ископаемых определение формы залегания месторождений полезных ископаемых и границ их распространения, а также выделение внутри месторождений участков с различным качеством минерального сырья.

**Опробование** – система операций, обеспечивающих исследование качества полезного ископаемого, т.е. определение его химического, минерального, петрографического состава, физико-технических, технологических свойств и т.п. В процессе опробования устанавливают объемный вес полезных ископаемых опробование – одна из основных разведочных операций, результаты опробования являются важным фактором экономической оценки мнений.

**Ореол рассеяния (вторичный)** – зона повышенных концентраций тех или иных элементов, образующихся в результате воздействия на месторождение полезных ископаемых экзогенных процессов.

**Орто** – приставка – прямой, правильный, истинный.

**Оруденение** – присутствие в горных породах рудных минералов.

**Осадочные горные породы** – возникающие путем отложения на суши и на дне океана обломков различных пород и остатков организмов.

**Отложения** – древние или современные осадочные породы.

**Оценка месторождений полезных ископаемых экономическая** – определение народнохозяйственного значения и эффективности разработки месторождения.

**Падение** – наибольший наклон пласта (слоя, жилы, поверхности разрыва и др. геологических тел и поверхностей).

**Пласт** – геологическое тело, имеющее плоскую форму, при которой его мощность во много раз меньше размеров площади его распространения.

**Поиск месторождений полезных ископаемых** – комплекс геологоразведочных работ, направленных на выявление промышленно ценных скоплений полезных ископаемых как возможных источников минерального сырья для нужд народного хозяйства и на их прогнозную геолого-экономическую оценку.

**Поиски детальные** – выявление месторождений и отдельных рудных тел полезных ископаемых и их перспективная оценка.

**Подсчет запасов полезных ископаемых** – определение количества и качества минерального сырья в недрах.

**Полезные ископаемые** – это минеральные образования земной коры, химический состав и физические свойства которых позволяют использовать их в хозяйстве. Скопление полезных ископаемых, по количеству, качеству и условиям залегания пригодных для использования, называется месторождением, а их сплошное распространение на большой площади образует бассейн.

**Поле рудное** – сравнительно небольшая рудоносная площадь с одновременными или близкими по возрасту генетически связанными между собой сближенными рудными месторождениями или рудными телами.

**Породы горные** – естественные минеральные агрегаты определенного состава и строения сформировавшиеся в результате геологических процессов и залегающие в земной коре в виде самостоятельных тел. Различают 3 генетических класса: магматические, осадочные, метаморфические.

**Пояс рудный** – рудоносные площади линейной формы различного масштаба.

**Проба** – материал, взятый по установленным правилам от изучаемого объекта (породы или полезного ископаемого) и предназначенный для анализа (испытаний).

**Прогнозные ресурсы** – обычно оцениваются на начальных стадиях геологического изучения недр. В зависимости от детальности проведенных исследований и достоверности полученных данных выделяются 3 категории прогнозных ресурсов:  $P_1$ ;  $P_2$ ;  $P_3$ .

$P_1$  – оценивается на флангах эксплуатируемых месторождений и учитывают возможность прироста запасов за счет расширения площади разведки за контуры запасов категории  $C_2$ . Ресурсы этой категории подсчитываются по результатам поисково-оценочных работ на основе геологических, географических и геохимических исследований, по данным геологической экстраполяции количества и качества полезных ископаемых, а также принимая во внимание литологические, стратиграфические структурные предпосылки локализации оруденения.

$P_2$  – характеризуют возможность обнаружения новых месторождений на основе выявляемых при крупномасштабной геологической съемке проявлений полезной минерализации, а также геофизических или геохимических аномалий, природа которых установлена единичными выработками. Количественная оценка прогнозных ресурсов категории  $P_2$  – осуществляется по предварительным параметрам по аналогии с известными месторождениями.

$P_3$  – позволяет оценивать потенциальные возможности новых промышленных месторождений на основе стратиграфических, литологических и тектонических предпосылок, выявленных при геологической съемке.

**Промышленная оценка месторождений полезных ископаемых** есть определение его промышленного значения в данное время и конкретных географо-экономических условий.

**Разведка** – комплекс геол. работ, проводимых с целью определения ряда геолого-промышленных параметров, всесторонне характеризующих мнение и необходимых для его промышленной оценки, проектирования и строительства горнорудного предприятия (горных, подготовительных и передельных цехов).

**Разработка месторождений полезных ископаемых** – комплекс горных работ по вскрытию, подготовке и извлечению полезных ископаемых из недр.

**Рациональное использование недр** – это система требований, реализация которых обеспечивает полное и комплексное использование

ресурсов недр для удовлетворения материальных и духовных потребностей общества. Эти требования имеют геологическую, горнотехническую, технологическую и экономическую направленность, должны учитываться при выдаче лицензий на право пользования недрами и выполняться всеми пользователями недр в соответствии с их компетенцией, правами и обязанностями. В случае нарушения этих требований право пользования недрами может быть ограничено, приостановлено или прекращено специально уполномоченными государственными органами в соответствии с законодательством о недрах.

**Рентабельность освоения месторождения** – превышение ценности извлекаемого компонента (металла) над его себестоимостью.

**Руда** – вид полезных ископаемых, природное минеральное образование, содержащее соединения полезных компонентов (минералов, металлов) в концентрациях, делающих извлечение этих минералов экономически целесообразным.

**Рудопроявление** – обычно небольшое природное скопление минерального вещества, которое почти удовлетворяет по качеству кондиционным требованиям, но в количественном отношении не может считаться предметом разработки в данных экономических условиях (в отличие от месторождения).

**Сеть поисковая или разведочная** – система наиболее рационального расположения искусственных обнажений или буровых скважин, точек опробования и наблюдений для выявления положения рудного тела.

**Тело рудное** – скопление рудного вещества в какой-либо форме – жила, линза, щиток и пр.

**Техника разведки** – технические средства, применяемые при разведке месторождения полезного ископаемого – буровые станки, шурфопроходческие агрегаты, канавокопатели.

**Узел рудный** – рудоносная площадь относительно изометричных или неправильных очертаний.

**Хвост угольного пласта** – разрушенная в результате выветривания угля часть угольного пласта у выхода его на поверхность.

**Хвосты** – отходы обогащения руд, состоящие в основном из пустой породы, в которой зачастую содержатся сопутствующие полезные компоненты (в нефелинах – окись Al, малые примеси редких элементов).

**Ценность месторождения** – промышленное значение месторождения, определяемое количеством, качеством полезного ископаемого, а также его востребованностью в народном хозяйстве.

**Шахта** – вертикальная или наклонная горная выработка большого поперечного сечения (разведочная или эксплуатационная) – 2×3, 3×3, 3×4 м.

**Шахтное поле** – часть месторождения, которая отводится по экономическим условиям данной шахте для разработки.

**Шток** – относительно небольшое интрузивное тело часто неправильной формы, приближающейся к цилиндрической, обычно крутопадающие.

**Штокверк** – рудное тело неправильной формы, часто, система рудоносных жил и прожилков, ориентированных во все стороны.

**Штрек** – горизонтальная подземная горная выработка. Проходится из другой горной выработки по простиранию рудного тела.

# I. ПОИСКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

## 1. Задачи по поискам

Этап поисковых работ делится на две стадии: 1) поиски и 2) поисково-разведочные (оценочные) работы. Поиски ставятся в пределах крупных геологических структур и районов, перспективных в отношении выявления месторождений полезных ископаемых, характерных для данной геологической обстановки. Площади, благоприятные для поисков, выявляются в результате региональных комплексных геологических исследований на основе геологических карт масштабов 1:200000–1:50000. Задача поисков – выявление участков концентрации полезных ископаемых и конкретных рудопроявлений. Поиски ведутся в масштабах 1:50000–1:10000.

Поисково-разведочные (оценочные) работы проводятся на участках выявленной концентрации полезного ископаемого для оценки возможной промышленной ценности рудопроявлений, с целью выбраковки не могущих иметь промышленного значения и передачи перспективных для предварительной разведки. Поисково-разведочные работы ведутся в масштабах 1:10000–1:1000.

Для решения предлагаемых задач первостепенное значение имеет анализ геологического строения площадей, подлежащих поискам.

Ознакомившись с условиями задачи и с прилагаемой геологической картой, необходимо выделить главнейшие геологические факторы, которые позволят установить возможность обнаружения определенных генетических типов месторождений, закономерности их пространственного размещения и установить контуры и степень перспективности площадей.

Так, для месторождений осадочного происхождения, например, ископаемых углей, железа и др., важное значение имеют стратиграфические и литолого-фациальные поисковые предпосылки.

Для определения пространственного размещения остаточных и осадочных месторождений большое значение имеют региональные перерывы в осадконакоплении. Литологический, в частности минеральный и химический, состав пород существенно влияет на пространственное размещение эндогенного оруденения. Например, пегматиты содержат мусковит в промышленных количествах в тех случаях, когда они подстилаются метаморфическими породами плагиоклазового состава (бедны калием) либо залегают среди них; в пегматитах, залегающих среди микроклиновых (богатых калием) или амфиболовых (богатых железом и магнием) пород, промышленные концентрации мусковита

содержатся очень редко. Большинство оловорудных месторождений располагается в песчано-глинистых породах и т.д.

Необходимо учитывать также физические свойства пород: хрупкость, плотность, пористость. Песчаники, некоторые известняки и пирокластические породы более благоприятны для локализации эндогенного оруденения. В хрупких породах – известняках, кварцитах, песчаниках и подобных им – в результате тектонических процессов образуются зоны трещиноватости и нередко открытые полости, облегчающие проникновение растворов и являющиеся местами рудоотложения. Плотные водоупорные породы обычно выполняют роль экрана, под которым в более проницаемых породах происходит накопление рудного вещества.

Нередко перспективность территории определяется главным образом магматическими поисковыми предпосылками. Так, с ультраосновными породами связаны месторождения хромита, платины, асбеста, вермикулита, флогопита, талька, алмазов и др. Наиболее высококачественные хромитовые руды и платина располагаются в дунитах, а коренные месторождения алмазов – в кимберлитах, выполняющих трубки взрывов. Месторождения хризотил-асбеста приурочены к серпентинитам, развивающимся по зонам дробления в перидотитах. Обязательным условием служит наличие вблизи гипербазитов более молодых кислых интрузий.

С основными магматическими породами связаны титаномагнетитовые и сульфидно-медно-никелевые месторождения, а также главнейшие месторождения исландского шпата.

К средним и кислым изверженным породам приурочены многочисленные месторождения. При этом лишь незначительная часть их залегает в самих интрузивах, большинство месторождений размещается во вмещающих породах, нередко на значительном удалении от рудоносных интрузий. Многие из них связаны со скарнами – месторождения железа, вольфрама, меди, молибдена, свинца, цинка, золота и др. Гидротермальные месторождения сульфидных полиметаллических, медных, оловянных, золотых, урановых и других руд, приуроченных к интрузиям того же состава, располагаются также во вмещающих породах.

В интрузиях более кислого состава залегают ранние постмагматические скарновые месторождения олова, вольфрама, бериллия, молибдена, висмута, тантала, ниобия и др. Эти месторождения располагаются в апикальных частях в эндо- и экзоконтактах интрузий. С этими же интрузиями связаны более поздние гидротермальные месторождения вольфрама, олова, молибдена, бериллия, золота, урана и некоторых других элементов. Они также располагаются чаще во вмещающих породах в удалении от интрузий.

При решении большинства задач главным является анализ тектонических структур, так как они во многих случаях контролируют размещение рудоносных интрузий и месторождений, определяют размеры и форму рудоносных зон и рудных тел.

При определении перспективности выявления россыпных месторождений золота, алмазов, касситерита и др. важное значение имеют наличие источника сноса и геоморфологические факторы. Известно, что наиболее благоприятным для накопления россыпей перечисленных минералов является среднегорный рельеф, характеризующийся хорошо развитой речной сетью. При поисках современных аллювиальных месторождений особое внимание необходимо уделять участкам резкого расширения речных долин и другим геоморфологическим особенностям.

Сказанным не исчерпываются все геологические закономерности, определяющие пространственное распределение месторождений. Могут быть указаны и другие, например, геохимические, гидрогеологические, метаморфические. Существенно важно, что все геологические предпосылки обязательно должны рассматриваться во взаимной связи, комплексно.

В условиях всех задач указаны поисковые признаки как прямые, так и косвенные. К прямым поисковым признакам относятся: 1) непосредственный выход полезного ископаемого на поверхность; 2) ореолы рассеяния.

По своему происхождению они разделяются на первичные, образующиеся в процессе формирования месторождений, и вторичные, возникающие при разрушении месторождений.

Выделяются открытые ореолы рассеяния, выходящие на дневную поверхность, и скрытые, не выходящие на дневную поверхность. Последние разделяются на слепые и погребенные. Слепые ореолы рассеяния никогда не залегали на поверхности земли, а погребенные в процессе своего образования или позднее были перекрыты более молодыми отложениями.

Первичные ореолы рассеяния выражаются в постепенном или резко уменьшении содержания во вмещающих породах полезных компонентов (минералов и элементов или только элементов), составляющих залежи полезных ископаемых. Состав, форма и размеры ореолов рассеяния зависят от многих причин. Главными являются:

- а) геохимические особенности элементов и минералов;
- б) способы и условия формирования рудных тел;
- в) физико-химические особенности и условия залегания вмещающих пород;
- г) геолого-структурные особенности рудных тел и вмещающих пород.

Вторичные ореолы рассеяния представляют собой весь комплекс продуктов, возникающих при разрушении месторождений полезных ископаемых и их первичных ореолов рассеяния и располагающихся в окружающей среде.

В зависимости от характера процессов образования и фазового состояния продуктов разрушения вторичные ореолы рассеяния разделяются на: а) механические, б) солевые, в) водные, г) газовые, д) биохимические.

Механические ореолы рассеяния возникают при физическом разрушении относительно химически устойчивых полезных ископаемых в приповерхностных частях залежей. По происхождению они делятся на элювиальные, делювиальные, аллювиальные, пролювиальные и ледниковые. По крупности и агрегатному состоянию продуктов разрушения рудных тел механические ореолы рассеяния разделяются на крупнообломочные, представленные обломками, валунами, галькой размером от нескольких до десятков сантиметров в диаметре; шлиховые (песчаногравийные), характеризующиеся наличием в тяжелой фракции рыхлых отложений наиболее устойчивых рудных зерен размером от десятых долей до нескольких миллиметров в поперечнике; тонкодиспергированные, в которых рудное вещество присутствует в виде мельчайших зерен размером сотые и тысячные доли миллиметра. В механических ореолах рассеяния признаками полезных ископаемых могут быть не только рудные минералы, но и нерудные (типоморфные). Например, при поисках алмазов такими указателями являются пироп, диопсид; полиметаллических руд – часто флюорит, барит; месторождений исландского шпата – цеолиты, халцедон, кварц, иногда магнетит и т.д.

Солевые ореолы рассеяния образуются в результате сложных физико-химических процессов разложения, растворения, переноса и перетложения рудного вещества в зоне окисления. Чисто солевые ореолы рассеяния, как и механические, встречаются очень редко. Обычно образуются смешанные (солевые и механические) тонкодиспергированные ореолы рассеяния, называемые литохимическими.

Морфология литохимических ореолов рассеяния определяется в основном типом ореола, положением и размерами рудных тел, а также рельефом местности. Во многих случаях существенное поисковое значение имеют водные, газовые и биохимические ореолы рассеяния. Поисковое значение ореолов рассеяния очень велико, так как они распространены на значительно больших площадях по сравнению с рудными телами. Следовательно, и обнаружить их при поисках значительно легче, чем сами рудные тела.

К прямым поисковым признакам относятся также следы деятельности человека, связанной с выявлением, разработкой и переработкой полезных ископаемых, исторические сведения о горном промысле.

Из косвенных поисковых признаков наибольшее значение имеют измененные околорудные породы и парагенетические минералы, сопутствующие рудной минерализации.

При эндогенных процессах рудообразования наиболее характерными околорудными изменениями горных пород являются: скарнирование, грейзенизация, серицитизация, окварцевание, каолинизация, доломитизация, серпентинизация, хлоритизация и др.

С грейзенами связаны руды олова, молибдена, вольфрама.

Скарны и скарнированные породы сопровождают многочисленные месторождения железа, меди, свинца, вольфрама, молибдена, бериллия, золота, кобальта, мышьяка, олова, бора, цинка.

Гидротермальное изменение кислых и средних, главным образом эффузивных, пород приводит к образованию вторичных кварцитов. В случаях, когда окварцеванию подвергаются кислые породы, с ними бывают связаны месторождения алунита, каолинита, пирофиллита, диаспора, андалузита, корунда и др.

К кварцитам, образовавшимся за счет пород среднего состава, приурочены скопления меди, свинцово-цинковые и золото-серебряные руды; реже с ними связаны оруденения молибдена, висмута, мышьяка, сурьмы и ртути; с окварцованными карбонатными породами: известняками, доломитами, называемыми джаспероидами, бывают связаны среднетемпературные месторождения полиметаллов.

Доломитизация карбонатных пород, вызываемая гидротермальными процессами, в отличие от доломитов осадочного происхождения, развивается лишь на отдельных участках, часто контролируется трещинами. Такие доломитизированные породы служат косвенным поисковым признаком полиметаллических, барито-витеритовых и сидеритовых месторождений.

Серпентинизация ультраосновных пород, возникающая под воздействием гидротермальных растворов, носит локальный характер. Она развивается вдоль зон разломов и сопровождается оталькованием, карбонатизацией, хлоритизацией. Наличие таких зон серпентинизации ультраосновных пород, особенно перидотитов, является важным поисковым признаком месторождений хризотиласбеста.

Из изложенного видно, что поисковые признаки, прямо или косвенно указывая на возможность выявления полезного ископаемого, во многих случаях определяют выбор метода поисков и границы их проведения.

Так, на изучении механических ореолов рассеяния вещества полезного ископаемого основаны обломочно-речной, валунно-ледниковый и шлиховой методы поисков; геохимические ореолы рассеяния позволяют осуществить поиски геохимическими (литохимическим, гидрохимическим, атмохимическим, биохимическим) методами; различие в физических свойствах (электрические, магнитные, плотностные, радиоактивные и др.) пород и руд служат основанием для применения геофизических методов.

Основой поисков является знание геологического строения исследуемой территории. Особенности геологического строения позволяют не только судить о ее перспективности, но и определять густоту поисковой сети, направление поисковых линий, обоснованно интерпретировать геохимические и геофизические аномалии и оценивать перспективность выявленных объектов.

Завершающим требованием всех задач является оценка исследуемой территории и выявленных объектов: рудных тел, месторождений, рудных полей. Это значит, что по результатам поисковых работ требуется обосновать постановку дальнейших, более детальных поисков на перспективных площадях или разведочные работы на выявленном рудопроявлении либо, наоборот, доказать нецелесообразность дальнейших исследований, если перспективы их малы.

Оценка осуществляется путем сравнения основных геолого-промышленных параметров выявленных объектов с требованиями народного хозяйства к промышленным месторождениям данного полезного ископаемого в данном районе.

Следовательно, при решении задач необходимо, во-первых, предусмотреть работы для определения глубины, условий залегания, размеров рудных тел и качества полезного ископаемого. При этом необходимо знать, что вблизи поверхности иногда значительно изменяются размеры, форма, условия залегания рудных тел, а также минеральный и химический состав полезного ископаемого.

Собранные материалы в соответствии с изложенными требованиями позволяют установить геолого-промышленный тип месторождения и дать его перспективную оценку.

Ниже в качестве примера приведено решение задачи № 1.

### *ЗАДАЧА № 1*

Дана геологическая карта района площадью 50 км (рис. 1. в приложении). В южной части района установлено наличие карбонатных и глинистых пород, простирающихся в широтном направлении и падающих на юг. Северная часть территории сложена гранитами. В центральной части установлен разлом, проходящий в меридиональном направлении. Вблизи контакта гранитов и известняков породы скарнированы. На отдельных участках карбонатные породы доломитизированы. С севера на юг рельеф понижается. Территория дренируется рекой, текущей в южном направлении; с запада и востока в нее впадают многочисленные притоки. Коренные породы прикрыты рыхлыми отложениями мощностью от 0,5 до 10 м.

В шлиховых пробах обнаружено значительное количество касситерита, вольфрамита, золота, пирита, галенита, граната, магнетита, барита.

*Требуется:*

1. Определить, какие полезные ископаемые могут быть обнаружены на данной территории.
2. Выделить перспективные площади для поисков определенных полезных ископаемых.
3. Выбрать и обосновать наиболее эффективные для данных условий комплексы методов поисков, выбрать их масштаб, изложить методику и последовательность.
4. Предусмотреть необходимые работы для перспективной оценки найденных объектов.

*Решение:*

Из рассмотрения геологической карты рис. 1 (в приложении) и условия задачи устанавливается:

1) перспективной площадью на выявление месторождений скарного типа – олова, вольфрама, железа и золота – является зона скарна, располагающаяся в приконтактной части гранитной интрузии. Об этом свидетельствуют магматические и литологические поисковые предпосылки, а также прямые (наличие в шлиховых пробах минералов перечисленных выше элементов) и косвенные (наличие скарных образований) поисковые признаки; общая площадь, выделяемая для поисков перечисленных полезных ископаемых, составляет около 3 км<sup>2</sup>;

2) центральная часть района, тяготеющая к зоне тектонических нарушений, перспективна для поисков гидротермальных месторождений полиметаллов, а также барита и флюорита. Об этом свидетельствуют: а) наличие в шлихах кристаллов галенита, пирита и других рудных

минералов; б) карбонатные породы – известняки, слагающие эту часть площади; в) доломитизированные известняки, являющиеся результатом воздействия гидротермальных растворов на известняки; г) наличие глинистых сланцев, перекрывающих известняки и представляющих собой экранирующий горизонт.

Из рассмотрения геологических материалов следует вывод, что тектонические нарушения образованы после скарнирования известняков (они секут зону скарнирования), но до их доломитизации, так как последняя контролируется этими нарушениями.

Эта перспективная для поисков полиметаллов площадь с севера прилегает к зоне скарна и ограничена с юга глинистыми сланцами, с востока и запада разрывными нарушениями и зонами доломитизации. Она составляет примерно 3,5 км<sup>2</sup>;

3) заслуживает внимания и площадь развития гранитов, так как в шлиховых пробах здесь обнаружен касситерит. Последний в гранитах может находиться в виде аксессуарий или в скоплениях кварц-касситеритового типа; предполагать наличие рудных тел пегматит-касситеритового или сульфидно-касситеритового типа на площадях развития гранитов нет оснований, так как в шлиховых пробах отсутствуют парагенетические минералы указанных типов месторождений. Поэтому для выделения перспективных площадей под детальные поиски месторождений на территории развития гранитов имеющихся материалов недостаточно.

На выделенных перспективных площадях необходимо осуществить топографическую съемку в масштабе 1:5000, а также предусмотреть геодезические работы по привязке естественных и искусственных обнажений. Далее на обеих выделенных перспективных площадях следует поставить геологическую съемку в том же масштабе. Этот масштаб съемки позволит выявить и изобразить на графике геологические элементы и в том числе рудные тела размером от 50 м и крупнее. При этом должны быть изучены и задокументированы все имеющиеся естественные обнажения. Для получения опорных геологических разрезов следует создать искусственные обнажения по линиям наибольшей изменчивости геологических элементов. На площадях развития скарнов линии опорных разрезов следует располагать вкрест простирания зон скарнирования, длина их будет определяться мощностью зон скарнирования, среднюю длину их принимаем равной 300 м. Вначале, вероятно, достаточно будет создать четыре таких разреза, по два в восточной и западной частях участка.

На площади развития доломитизации опорные геологические разрезы должны быть заданы вкрест простирания оперяющих главный

разлом тектонических нарушений и зон доломитизации, т.е. по азимуту СЗ 320°. Планируется создание двух таких опорных разрезов: в восточной и западной частях площади. Длина каждого разреза около 400 м.

Учитывая, что мощность наносов колеблется от 0,5 до 10 м, проектируется создать непрерывные обнажения (пройти канавы) при мощности рыхлых отложений до 1 м; в местах, где коренные породы находятся на глубине 1–3 м от поверхности, будут проходить канавы длиной 5 м с перерывом через 5 м; при мощности наносов до 5 м коренные породы будут вскрываться шурфами, расположенными по линиям через 5 м; при мощности наносов более 5 м шурфы будут проходить лишь в особенно интересных местах, в зависимости от результатов геологических и геохимических исследований, а также материалов, полученных по естественным и искусственным обнажениям на соседних площадях.

На основании перечисленных материалов составляется схематическая геологическая карта, на которой отражаются главные геологические элементы, контролируемые то или иное оруденение либо рудоносные зоны. В дальнейшем карта дополняется новыми фактическими материалами.

В процессе геологической съемки на площадях развития скарнов осуществляется магнитометрическая съемка на том основании, что от вмещающих пород скарны отличаются повышенной магнитной восприимчивостью вследствие наличия в них магнитных минералов. Проектируется на всей выделенной перспективной площади произвести магнитометрическую съемку по сети 10×50 м; измерения через 10 м будут осуществляться по линиям вкрест простирания скарновых зон. Эти работы позволят уточнить контуры скарнированных пород, а также выявить место, характеризующееся наибольшей магнитной восприимчивостью, и, следовательно, максимальной концентрацией магнитных минералов.

На этой же площади следует осуществить поиски шлиховым методом, так как основные рудные минералы прогнозируемых месторождений характеризуются большим удельным весом и высокой устойчивостью в поверхностных условиях. Пробы отбираются из аллювиальных и делювиальных отложений по сети 25×50 м. При этом через 25 м отбираются пробы по линиям, проходящим параллельно горизонталям рельефа, а через 50 м – в перпендикулярном направлении.

В центральной части территории, выделенной для детальных поисков полиметаллов, целесообразно провести металлотрические поиски по сети 25×50 м; при этом можно обнаружить геохимические ореолы рассеяния длиной более 50 м. Поисковые линии располагаются

по горизонталям рельефа, так как будут исследоваться вторичные ореолы рассеяния, передвигающиеся в основном вниз по склону.

Отбор проб, их обработка и спектральный анализ осуществляются по общеизвестной методике; планируется анализировать пробы на Pb, Zn, Cu, Sn, W, Au и F. Однако в ходе работ число анализируемых компонентов может быть уточнено.

Эти работы позволят выявить и оконтурить геохимические ореолы рассеяния определенных элементов.

Материалы геофизических, шлиховых и геохимических исследований подлежат тщательному анализу с учетом имеющихся геологических и геоморфологических материалов. При этом будут составлены карты изодинам, шлиховые и геохимические карты. Все аномалии и ореолы рассеяния рудного вещества, заслуживающие дальнейшего изучения, подлежат проверке горными выработками.

На площади развития скарнов, учитывая большую устойчивость пород против выветривания, можно ожидать меньшую мощность наносов по сравнению со вторым участком. Поэтому проверка геофизических и шлиховых аномалий здесь будет осуществляться канавами, задаваемыми вкрест ожидаемого простирания залежей полезных ископаемых.

Условно предположим, что на участке развития скарновой минерализации будет установлено 100 перспективных аномалий. Проверкой их удастся выявить 10 рудных тел мощностью 1–10 м (в среднем 5 м) и протяженностью 50–300 м (в среднем 200 м). Для перспективной оценки их необходимо оконтурить и опробовать. С этой целью все выявленные тела вскрываем канавами через 50 м и производим химическое и минералогическое опробование. Следует ожидать, что если места отбора проб хорошо зачищать, то пробы будут достаточно представительными, так как все ожидаемые рудные минералы (касситерит, вольфрамит, магнетит, золото) устойчивы против химического выветривания.

Учитывая изложенное, для поисков и перспективной оценки выявленных залежей на первом участке потребуются следующие объемы работ:

- 1) топографическая съемка участка в масштабе 1:5000 – 3 км<sup>2</sup>
- 2) геодезические работы (разбивка поисковой сети и привязка естественных и искусственных обнажений) – 120 пог. км
- 3) магнитная съемка в масштабе 1:5000 – 3 км<sup>2</sup>
- 4) шлиховая съемка в масштабе 1:5000 – 3 км<sup>2</sup>
- 5) проходка 300 магистральных канав (средняя длина канав 4 м, среднее сечение 2 м<sup>2</sup>) – 2400 м<sup>3</sup>

б) проверка геофизических и шлиховых аномалий канавами (100 аномалий  $\times 20 \text{ м}^3$  – средний объем канав на проверку одной аномалии) –  $2000 \text{ м}^3$

7) оконтуривание и изучение выявленных рудных тел (10 рудных тел  $\times 5$  – количество канав по каждому рудному телу  $\times 20 \text{ м}^3$  – средний объем одной канавы) –  $1000 \text{ м}^3$

8) отбор, обработка и анализ химических бороздовых проб (10 рудных тел по 25 проб на каждом рудном теле, каждая проба в среднем длиной 2 м) – 500 пог. м

9) отбор, обработка и анализ минералогических (штуфных) проб (10 рудных тел по 25 проб на каждом рудном теле) – 250 проб.

На втором участке можно ожидать большую мощность рыхлых отложений. Поэтому проверку геохимических аномалий придется осуществлять глубокими канавами и шурфами. Предполагается, что будет обнаружено 20 геохимических аномалий, проверка которых позволит выявить 10 рудных тел мощностью 1–10 м (в среднем 5 м) и протяженностью до 300 м (в среднем 200 м). Так как их расположение, вероятно, будет контролироваться разрывными нарушениями, оперяющими основной разлом, то оконтуривающие выработки будут располагаться по азимуту  $320^\circ$ , т.е. вкрест простирания ожидаемых рудных тел. В пределах этой площади планируется встретить рудные тела сульфидно-касситеритового типа. Известно, что сульфиды в условиях окислительной среды неустойчивы; изменяется не только минеральный, но и химический состав первичных руд. Поэтому пробы, взятые на выходах рудных тел, не будут характеризовать ни минеральный, ни химический состав первичных руд. Глубина же распространения окисленных руд, как известно, определяется уровнем грунтовых вод и может иногда достигать сотен метров.

В этих случаях представление о химическом и даже минеральном составе первичных руд может быть составлено на основании изучения типоморфных и остаточных минералов, структур и текстур лимонитов и т.п. Более точные сведения о минеральном и химическом составе первичных руд (а также руд в зоне вторичного сульфидного обогащения) могут быть получены при проходке глубоких шурфов или буровых скважин. Для проведения детальных поисков на центральном участке необходимы:

А. Топографическая съемка в масштабе 1:5000–3,5 км<sup>2</sup>.

Б. Геодезические работы (разбивка поисковой сети, привязка естественных и искусственных обнажений) – 160 пог. км.

В. Создание двух опорных разрезов, для чего потребуются:

1) две канавы длиной 200 м, средним сечением  $4 \text{ м}^2$  ( $2 \times 200 \times 4$ ) –  $1600 \text{ м}^3$ ;

2) 40 шурфов сечением  $1,5 \text{ м}^2$ , средней глубиной 8 м ( $40 \times 8$ ) – 320 пог. м.

Г. Металлометрическая съемка в масштабе 1:5000 –  $3,5 \text{ км}^2$ .

Д. Для оконтуривания и изучения 20 перспективных геохимических аномалий потребуются:

1) 120 канав (по шесть канав на аномалию) средней длиной 10 м, средним сечением  $3 \text{ м}^2$  ( $120 \times 10 \times 3$ ) –  $3600 \text{ м}^3$ ;

2) 40 шурфов сечением  $1,5 \text{ м}^2$ , средней глубиной 8 м ( $40 \times 8$ ) – 320 пог. м.

Е. Для оконтуривания и изучения 10 рудных тел необходимы:

1) 50 канав длиной 10 м сечением  $3 \text{ м}^2$  ( $50 \times 10 \times 3$ ) –  $1500 \text{ м}^3$ ;

2) 10 шурфов сечением  $1,5 \text{ м}^2$ , глубиной 12 м ( $10 \times 12$ ) – 120 пог. м;

3) две скважины колонкового бурения глубиной 40 и 80 м ( $40 + 80$ ) – 120 пог. м;

4) химическое опробование:

а) из канав по каждому рудному телу отбирают 25 бороздовых проб длиной 2 м ( $10 \times 25 \times 2$ ) – 500 пог. м;

б) из шурфов отбирают по две пробы ( $10 \times 2 \times 5$ ) – 100 пог. м;

в) из скважин отбирают по одной бороздовой пробе длиной 10 м ( $10 \times 2$ ) – 20 пог. м;

г) минералогические пробы отбирают штупным способом во всех выработках для каждой разновидности руд. Ориентировочно – 350 проб.

Общий объем работ сведен в таблицу № 1.

Таблица 1

Наименование работ	Ед. изм.	Суммарный объем	Примечание
Топографическая съемка в масштабе 1:5000	$\text{км}^2$	6,5	Два участка
Геодезические работы разбивка поисковой сети, привязка естественных и искусственных обнажений.....	пог. км	280	
Геологическая съемка в масштабе 1:5000	$\text{км}^2$	6,5	Два участка
Проходка магистральных канав	$\text{м}^3$	4000	
Проходка шурфов	пог. м	760	

Магнитная съемка в масштабе 1:5000	км <sup>2</sup>	3,0	
Шлиховая съемка в масштабе 1:5000	»	3,0	
Металлометрическая съемка в масштабе 1:5000	»	3,5	
Проходка канав для изучения геофизических и геохимических аномалий, а также для оконтуривания рудных тел	пог. м	8100	
Проходка буровых скважин	»	120	
Отбор химических проб	»	1120	
Отбор и изучение минералогических проб	шт.	600	

### ***ЗАДАЧА № 2***

На рис. 2 (*в приложении*) показаны результаты металлометрического опробования на свинец площади, закрытой элювиально-делювиальными отложениями мощностью 2–10 м. В северо-восточной, наиболее возвышенной части участка обнажаются известняки, местами доломитизированные.

*Требуется:*

1. Оконтурить ореол рассеяния свинца.
2. Выделить наиболее перспективный участок для обнаружения рудных тел.
3. Запроектировать необходимые работы для оконтуривания и перспективной оценки рудных тел.
4. Определить, какие парагенетические элементы могут быть встречены в коренных рудах, кроме свинца.

*Ход решения:*

1. Составить карту в изолиниях содержания свинца.
2. Определить границы ореола рассеяния.
3. Учитывая характер рельефа и предполагаемый источник рассеяния наметить примерные контуры ожидаемых рудных тел.
4. Составить таблицу проектируемых объемов работ.

## II. ОПРОБОВАНИЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

### 2. Задачи по опробованию

Основной задачей *опробования* является *выявление качества полезного ископаемого*. Соответственно различаются следующие виды опробования: *химическое, минералогическое, техническое и технологическое*. Опробование состоит из трех операций: *взятие, обработка и испытание проб*.

*Взятие проб*. Способ взятия проб определяется прежде всего характером изменчивости качества полезного ископаемого, а также видом разведочных выработок и задачами опробования. Для относительно однородных по качеству полезных ископаемых неплохие результаты дают точечные способы взятия проб. На большинстве месторождений хорошо выражена сильная изменчивость оруденения в каком-либо одном направлении, в этих условиях рекомендуются линейные способы взятия проб. При малой мощности рудных тел или сильной изменчивости оруденения в двух направлениях иногда оправданы площадные способы взятия проб. Наконец, при сильной изменчивости оруденения в трех направлениях, а также при необходимости брать пробы большого веса применяются объемные способы взятия проб.

На размеры и размещение проб влияет главным образом строение тел полезных ископаемых. Линейные пробы делятся на секции, каждая из которых характеризует литологически однородные участки рудных тел. Минимальная и максимальная длина секций ограничена горнотехническими условиями разработки месторождений и, как правило, длина секций бывает не менее 0,5–0,7 м и не более 10–20 м. При постепенном переходе руды в пустую породу крайние секции должны быть взяты из заведомо пустых пород (законтурные пробы), чтобы была уверенность в надежном оконтуривании рудного тела. Оконтуривающие пробы следует брать меньшей длины, так как от этого зависит точность оконтуривания.

Сечение линейных, в частности бороздовых, проб зависит от степени изменчивости оруденения, крепости руды и длины, секций.

*Обработка проб* химического опробования ведется обычно с соблюдением определенных пропорций между размером частиц при дроблении и массой сокращаемых фракций руды. Наиболее употребительна формула Ричардса-Чечотта  $Q = kd^2$ , где  $Q$  – минимальная масса сокращенной пробы в кг;  $d$  – максимальный диаметр частиц при сокращении в мм;  $k$  – коэффициент, зависящий от характера оруденения и колеблю-

щийся в пределах 0,05–1. Процесс обработки проб состоит из операций дробления, грохочения, перемешивания и сокращения с соблюдением условий формулы Ричардса-Чечотта. Конечная масса и крупность материала пробы определяется требованиями химической лаборатории: обычно 100–200 г при крупности 0,07–0,1 мм.

В результате обработки пробы обычно получают две навески, одну из них направляют на испытание (чаще химический анализ), другую хранят как дубликат, который можно использовать для составления групповых проб, а также проведения внешнего и внутреннего контроля анализов.

Групповые пробы составляют из дубликатов пропорционально длине секционных проб в пределах отдельных пересечений рудных тел или промышленных сортов руд, иногда объединяют материал с нескольких пересечений одного рудного тела.

*Испытание проб.* Программа испытания проб химического опробования зависит от того, какие ценные компоненты могут быть обнаружены в руде, а также от требований промышленности к качеству данного минерального сырья по ценным и вредным компонентам.

Рядовые пробы анализируют на главные компоненты, групповые пробы – на главные и второстепенные компоненты.

*Минералогическое и технологическое опробование.* В рудах, обладающих сложным минеральным составом, ценные компоненты входят в различные минералы, причем не из всех минералов они могут быть экономически выгодно извлечены. В этих условиях большое значение приобретает знание баланса распределения компонентов между минералами или продуктами обогащения, что выявляется в процессе минералогического или технологического опробования.

Для решения задач, связанных с балансом распределения компонентов, нужно владеть методами пересчета химического состава руд на минеральный и обратно, объемных процентов на весовые и обратно, а также линейными системами уравнений с двумя-тремя неизвестными.

Например, руда содержит пирит, халькопирит и кварц. В руде, пирите и халькопирите известно содержание теллура. По этим данным можно рассчитать баланс распределения теллура между минералами (табл. 2). Для определения баланса необходимо сумму произведений содержаний (в четвертой графе таблицы) принять за 100% и рассчитать, какая доля в % от этой суммы приходится на каждый минерал.

Таблица 2

Минералы	Содержание минерала в руде, %	Содержание теллура в минерале, %	Произведение содержаний	Баланс распределения теллура, %
Пирит	50	0,002	0,100	67
Халькопирит	10	0,005	0,050	33
Кварц	40	0	0	0
Руда в целом	100	0,0015	0,150	100

Таблица 3

Минералы	Объем, %	Плотность, г/см <sup>3</sup>	Произведение	Масса, %
Пирит.....	65,4	5,0	327,0	74,8
Халькопирит.....	8,2	4,9	40,2	9,2
Кварц.....	26,4	2,65	70,0	16,0
Руда в целом	100,0	4,37	437,2	100,0

Например: под микроскопом установлены объемные соотношения минералов: пирита, халькопирита и кварца (табл. 3). Нужно рассчитать весовые соотношения минералов, для чего достаточно, знать их плотности. Порядок расчета виден в таблице.

Пересчет химического состава руд на минеральный может быть произведен многими способами. Наиболее часто пользуются атомными количествами, как принято при петрохимических пересчетах, или соотношениями компонентов в минералах. Необходимыми условиями пересчета являются знание перечня и состава минералов, входящих в руду, полный химический анализ руды. Состав минералов может быть взят теоретический, соответствующий его простейшей кристаллохимической формуле (например, пирит  $FeS_2$  содержит 46,6% железа и 53,4% серы), либо установлен специальными исследованиями, в частности путем изучения мономинеральных проб.

Атомные количества получаются делением содержания компонентов на атомную массу (для удобства работы с целыми числами атомные количества увеличивают в  $10^3$  или  $10^4$  раз), а содержание минералов

в руде – умножением молекулярных количеств на молекулярную массу (табл. 4).

Содержание халькопирита в руде можно получить и другим путем. Известно, что содержание меди в халькопирите составляет 34,5%. Если разделить содержание меди в руде, равное 2,45%, на 34,5% (и умножить на 100%), то получим 7,09% халькопирита, что совпадает с данными таблицы № 4. Аналогичным, но более сложным путем можно найти содержание в руде пирита и магнетита.

Таблица 4

Компоненты	Содержание в руде, %	Атомная масса	Атомные количества	Минерал		
				халькопирит	пирит	магнетит
Железо	43,54	55,85	7796	386	418	6992
Сера	5,16	32,06	1609	772	837	–
Медь	2,45	63,54	386	386	–	–
Молекулярные количества				386	418	2331
Молекулярная масса				183,48	119,94	231,55
Содержание в руде, %.				7,09	5,01	53,98

Результаты опробования дают большой материал для изучения изменчивости оруденения, обоснования способа опробования и густоты сети проб, контроля опробования, расчета прогнозных содержаний, изучения многочисленных зависимостей между различными показателями качества.

### III. РАЗВЕДКА МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

#### 3. Задачи по разведке

Решение предлагаемых ниже задач, как и любых вопросов разведки в производственных условиях, всегда должно начинаться с анализа имеющихся данных об изучаемом объекте (геологических, геофизических, разведочных) и углубленного анализа факторов, контролирующих месторождения, отдельные тела полезного ископаемого и наиболее

богатые их участки (рудные столбы). При этом даже в случаях ограниченного количества фактических данных следует стремиться выделить главное тело полезного ископаемого (если их несколько), определить характер и степень его изменчивости, а также геолого-промышленный тип месторождения по классификациям ГКЗ или учебных пособий.

При анализе геологических данных, руководствуясь известными представлениями о закономерностях пространственной локализации месторождений и отдельных тел полезных ископаемых, сначала нужно выявить конкретные для данного объекта рудоконтролирующие факторы (предпосылки), вытекающие из условия задачи или рисунка к ней. Затем необходимо геометризовать<sup>1</sup> в пространстве известные и предполагаемые на основе предпосылок тела полезного ископаемого или рудоконтролирующие факторы.

В разведочном деле известны многочисленные виды и приемы геометризации месторождений, но первостепенными из них всегда являются геологическая карта или план поверхности месторождения, погоризонтные планы, поперечные и продольные разрезы, вертикальные и продольные проекции. В ряде случаев дополнительно требуется изображать гипсометрические планы кровли или почвы тела полезного ископаемого и отдельных нарушений, планы в изолиниях мощности тела, содержания компонентов, графики изменчивости или корреляционных связей геолого-промышленных параметров месторождения, сортовые планы и т.п. Некоторые приемы геометризации рудоконтролирующих факторов приведены на рис. 3 (*в приложении*).

Следует иметь в виду, что при геометризации рудных тел во внимание принимаются преимущественно надежно установленные факты и геологические закономерности, на которые опираются все дальнейшие суждения и построения.

***Первый пример.*** Рудное тело контролируется структурным фактором – пересечением двух дорудных вертикальных трещин (рис. 3, а *в приложении*). На плане пересечение этих трещин представлено точкой, расположенной приблизительно в центре рудного тела, а в пространстве – вертикальной линией, являющейся «осью» рудного тела. Следовательно, это трубообразное тело имеет вертикальное падение и с глубиной не должно менять своих размеров до тех пор, пока не изменятся какие-либо свойства рудоконтролирующего фактора, например, характер и элементы залегания трещин, или пока не проявится влияние

---

<sup>1</sup> Под геометризацией здесь и далее понимаются любые графические изображения объектов разведки – от простейших зарисовок и схем до геологических карт, разрезов, гипсометрических планов, проекций, моделей и т.п.

других факторов (переход трещин с глубиной в иные породы, явления вертикальной зональности и т.п.). Если же рудное тело контролируется участком пересечения двух наклонных или крутопадающих трещин (рис. 3, б *в приложении*), то с помощью построения изогипс этих трещин нетрудно убедиться, что оно погружается на глубину под определенным углом скатывания, не меняя или меняя свои параметры в соответствии со сказанным выше. Положение центра этого рудного тела на любом горизонте определяется точкой пересечения изогипс, имеющих одинаковые отметки.

**Второй пример.** Рудовмещающая или рудоконтролирующая трещина (структурный фактор) характеризуется изменчивыми азимутами простирания и углами падения (рис. 3, в *в приложении*). Рудный столб контролируется приоткрытым отрезком трещины, имеющим меридиональное простирание. Следовательно, длина рудного столба по простиранию с глубиной будет меняться в зависимости от изменения длины указанного отрезка. Построив изогипсы всех отрезков изогнутой по простиранию трещины, видим, что с глубиной длина рудного столба увеличивается и на 30 м ниже поверхности она уже в два раза больше. Видно также южное склонение и юго-восточное скатывание рудного столба.

**Третий пример.** Рудное тело пространственно подчинено структурно-литологическому контролю, оно приурочено к участку пересечения дорудной тектонической трещины с литологически благоприятным для оруденения горизонтом пород (рис. 3, г *в приложении*). При исчезновении одного из рудоконтролирующих факторов (в данном случае на выходах трещин за пределы благоприятного горизонта) исчезает и оруденение.

Вполне очевидно, что при уменьшении или увеличении мощности благоприятного горизонта на глубину будет соответственно меняться и длина рудного тела по простиранию (вдоль трещины). Для определения пространственного положения и размеров рудного тела на любом заданном горизонте строим изогипсы трещин и, например, почвы благоприятного горизонта. Если мощность последнего с глубиной меняется, необходимо построить изогипсы и его кровли. Положение северной точки выклинивания рудного тела (рис. 3, г *в приложении*) на любом горизонте определяется пересечением изогипс трещины и почвы благоприятного горизонта, имеющих одинаковые высотные отметки. Аналогично на любом горизонте можно найти положение центра и любой другой точки рудного тела. Из построений видно, что рассматриваемое тело погружается в юго-западном направлении. Угол погружения или скаты-

вания можно найти путем построения разреза вдоль горизонтальной проекции рудного тела.

Рассмотренные примеры наглядно показывают, что в ряде случаев при проектировании разведочных работ недостаточно иметь только обычные геологические планы и разрезы, а требуются и другие виды геометризаций. Без этого даже правильно, на первый взгляд, заданные разведочные выработки (вкрест простирания и навстречу падению) могут не подсесть рудное тело и тем самым дать материал для неправильного заключения о выклинивании оруденения на глубину. Результаты геометризации месторождений и рудопроявлений определяют пространственное размещение, типы, глубины и густоту разведочных выработок, т.е. они служат важнейшей основой при выборе оптимальной системы разведки. Какие виды геометризации следует применять при решении той или иной лабораторной задачи, указывается в условиях задач.

При выборе системы разведки кроме результатов геометризации следует учитывать геолого-промышленный тип месторождения, степень его изменчивости, поставленные перед разведкой задачи (стадию разведки) и предполагаемый или уже применяемый способ разработки. При разведке крупных месторождений, характеризующихся относительно небольшой степенью изменчивости (месторождения I, II, иногда III групп), предпочтение отдается буровым скважинам. На средних и мелких по масштабу запасов месторождениях, характеризующихся высокой степенью изменчивости (месторождения III, IV и особенно V групп), предпочтение отдается комбинации горных выработок и буровых скважин или приходится вести разведку только горными выработками. На стадии предварительной разведки главной задачей является определение промышленного значения месторождения. Для этого необходимо оконтурить месторождение в кратчайшие сроки на поверхности и на глубину, определить его масштаб, качество и области использования полезного ископаемого, составить технико-экономический доклад. Это наиболее ответственная стадия разведки, на которой решается будущее месторождения. Однако в ее начале имеется еще мало фактических данных, поэтому система разведки выбирается исходя из прогнозных построений либо по аналогии с разведанными однотипными месторождениями. В дальнейшем, по мере развития фронта разведочных работ, накопления фактических данных и расширения представлений о геологических закономерностях производится уточнение геометризации. Появляется возможность более обоснованного выбора системы разведки с применением соответствующих методов: статистических, аналитических, метода разрежения, технико-экономических сравнений

и т.п. Однако в ряде предлагаемых ниже задач по предварительной разведке такой возможности нет, поскольку они базируются главным образом на данных поисково-разведочных работ. Поэтому при решении задач нужно руководствоваться следующими указаниями.

1. В стадию предварительной разведки месторождение на поверхности должно быть детально разведано и оконтурировано с помощью канав, траншей, неглубоких шурфов, картировочных скважин и геофизических методов.

2. На глубину, по падению и на флангах месторождение оконтуривается редкой сетью горных выработок, скважин или тех и других. При этом на верхних горизонтах и на богатых участках сеть разведочных выработок должна быть гуще, а на участках выклинивания тел полезного ископаемого по падению достаточно единичных выработок или скважин. Обязательно следует предусматривать проходку «законтурных» выработок для подтверждения отсутствия оруденения за пределами прогнозных или фактических контуров рудных тел.

3. Глубина выклинивания по падению определяется по результатам геометризации или по аналогии с изученными однотипными месторождениями. Если рудные тела по падению не выклиниваются, то предельная глубина предварительной разведки для крупных рудных и угольных месторождений принимается равной 1000–1500 м, а для средних и мелких – порядка 500–600 м.

4. Густота разведочной сети на глубину выбирается по инструкциям ГКЗ или по таблицам учебных пособий. Для рудных и многих нерудных месторождений на стадии предварительной разведки расстояние между выработками по вертикали обычно принимается равным двойной высоте эксплуатационного горизонта (нормальная высота горизонта равна 40–50 м), а по простиранию – длине или удвоенной длине эксплуатационного блока (нормальная длина блока 40–60 м). Важно, чтобы разведочные выработки задавались с расчетом подсечения рудных тел на отметках будущих эксплуатационных горизонтов. Для ускорения разведки следует на один и тот же горизонт или на разные горизонты задавать одновременно несколько выработок (например, штолен), если это позволяют рельеф местности и принятая система разведки.

5. В практике разведки расстояние между канавами и траншеями для большинства рудных и многих нерудных месторождений принимается равным от 15 до 50 м в зависимости от сложности строения месторождения и изменчивости его геолого-промышленных параметров. Если на глубину разведка ведется комбинацией горных выработок и буровых скважин, то верхние один-два горизонта разведуются горными выработками, часто с применением подземного короткометражного бурения,

а глубже – скважинами, задаваемыми с поверхности. При этом первые один-два ряда скважин проходятся по той же сети, что и подземные горные выработки, а глубже – по сети, разреженной в два раза или более.

6. Предварительная разведка не должна продолжаться более 1–2 лет, но она обязательно должна обеспечить возможность подсчета запасов по категориям  $C_1$  и  $C_2$  примерно в разных соотношениях, иногда с незначительным преобладанием запасов категории  $C_2$  и желательного наличием 5–10% запасов категории В.

На стадии детальной разведки главной задачей является получение всех данных и материалов, необходимых для составления технического проекта рудника. Решение этой задачи осуществляется путем: 1) уточнения данных предварительной разведки; 2) оконтуривания рудных столбов, промышленных сортов руд и безрудных «окон»; 3) подсчета запасов по высоким категориям в требуемых инструкцией ГКЗ соотношениях.

Обычно сумма запасов по категориям **A+B** должна составлять 20–30% от общих запасов, за исключением очень сложных месторождений, на которых запасы не удастся разведать выше, чем по категории  $C_1$ .

При выборе системы детальной разведки применимы все рассмотренные выше приемы геометризации и рассуждения. Но к началу этой стадии, как правило, оптимальная система разведки уже в основном определена и требуется лишь окончательная ее увязка с будущей системой эксплуатации, чтобы разведочные выработки в максимальной степени могли быть использованы в процессе отработки месторождения. Вместе с тем вопрос о густоте разведочной сети приобретает здесь особую актуальность, поскольку требуется значительное сгущение сети разведочных выработок. Поэтому при решении лабораторных задач по детальной разведке обязательно требуется определить оптимальную густоту разведочной сети с помощью известных геологических, статистических и аналитических методов, не пренебрегая и ориентировочными технико-экономическими расчетами для сравнения эффективности различных вариантов или систем разведки, например, сравнение сроков, объемов, достоверности и стоимости разведки горными выработками с разведкой скважинами или комбинацией горных выработок и скважин. Детальная разведка не должна продолжаться более 2-х лет. Ускорению разведки на этой стадии может способствовать широкое применение подземного короткометражного и глубокого бурения, если есть условия для этого.

На стадии эксплуатационной разведки главной задачей является уточнение внутреннего строения тел полезного ископаемого и распределения его промышленных сортов на обрабатываемых горизонтах,

в эксплуатационных блоках и уступах карьеров. Система разведки на этой стадии почти целиком определяется системой отработки: разведочные выработки задаются преимущественно из имеющихся подготовительных, нарезных и очистных выработок, а также из выработок детальной разведки. Подземное короткометражное бурение на этой стадии получает максимальное развитие, нередко в комбинации с геофизическими методами разведки и опробования. Сеть разведочных выработок при формальном подходе иногда сгущается по сравнению со стадией детальной разведки в два-четыре раза и достигает плотности  $12 \times 12$  или даже  $6 \times 6$  м. Вместе с тем к началу и в процессе эксплуатационной разведки, а также при отработке месторождения многие геологические закономерности могут быть изучены с такой детальностью, что их с большой степенью надежности можно использовать в практических целях, в частности для определения качества, количества и распределения сортов полезного ископаемого на участках, подлежащих отработке. Поэтому геометризация на стадии эксплуатационной разведки не менее важна, чем на других стадиях. С помощью геометризации в ряде случаев можно существенно разредить сеть выработок эксплуатационной разведки и обойтись лишь единичными выработками, предназначенными для подтверждения прогнозных построений или уточнения ситуации на особо сложных участках.

Оптимальная разведочная сеть на этой стадии может быть установлена также путем сравнения данных разведки и данных эксплуатации с использованием статистических и аналитических методов, метода разрежения и др.

Эксплуатационная разведка продолжается на протяжении всего периода эксплуатации месторождения, но во избежание преждевременных затрат она не должна опережать фронт очистных работ более чем на 1–2 года.

В процессе эксплуатационной разведки и геологического обслуживания действующих рудников, шахт и добычных карьеров приходится решать и ряд других задач. К ним относятся доразведка флангов, глубоких горизонтов и тектонически нарушенных частей месторождения; поиски и разведка слепых и параллельных рудных тел, учет потерь и разубоживания, а также борьба с этими явлениями; изучение газового и термического режима и т.п. Указания по решению некоторых из перечисленных здесь вопросов содержатся в условиях задач.

Определение необходимых объемов геологоразведочных работ при решении лабораторных задач, относящихся к любой стадии разведки, производится прямыми измерениями на проектных разрезах и планах длин выработок и скважин. После этого выработки следует сгруп-

пировать по типам, глубинам, сечениям (диаметрам), углам наклона, метражу руд и пород различной крепости и т.п. Виды и объемы работ по опробованию должны определяться в соответствии с указаниями, приведенными в разделе «Опробование».

Ниже рассматривается пример решения типичной задачи на разведку месторождения.

**Четвертый пример.** В результате поисково-разведочных работ на поверхности обнаружено и оконтурено канавами два тела богатых полиметаллических руд (рис. 4 в приложении). Рудное тело 1 контролируется в основном структурным фактором – тектоническим контактом интрузии гранодиоритов с вулканогенно-осадочной толщей пород. Мощность рудного тела на выходе под наносы в среднем 1,5 м, длина по простиранию 49 м. Среднее содержание свинца в рудах 5,2%, цинка 8,9%. Рудное тело 2 контролируется структурным и литологическим факторами, оно приурочено к участку пересечения дорудной тектонической трещины северо-западного простирания с горизонтом карбонатных пород широтного простирания. Средняя мощность его 2,5 м, длина по простиранию 9,2 м. Руды очень богатые: содержание свинца 13,5%, цинка 20,1%. Распределение свинца и цинка в рудах весьма неравномерное. Коэффициент вариации содержаний свинца равен 123%. Зона окисления практически отсутствует. Мощность наносов не превышает 0,5–1 м. Рельеф плоский.

*Требуется:* составить графическую часть проекта предварительной разведки месторождения и определить объемы необходимых геологоразведочных работ.

*Ход решения:*

1. *Геометризация рудных тел.* Пользуясь данными из условия задачи, строим горизонтальную и продольную вертикальную проекции рудных тел (рис. 4, 5, в приложении). Для этого сначала рисуем изогипсы рудоконтролирующих трещин и кровли горизонта литологически благоприятных для оруденения пород, приняв условно отметку поверхности месторождения равной нулю. Из горизонтальной проекции (см. рис. 4, в приложении) видим, что раздвиг или рудный столб на западном фланге рудного тела 1, приуроченный к сопряжению дорудных трещин, имеет восточное склонение и скатывание в юго-восточном направлении: на поверхности раздвиг приурочен к пересечению изогипс трещин с нулевыми отметками, а на глубине 30 м – к пересечению изогипс с отметками – 30 м. Из практики разведки и эксплуатации аналогичных месторождений известно, что рудные столбы имеют одинаковые со всем рудным телом элементы залегания. Следовательно, можно принять, что рудное тело 1 также имеет восточное склонение и юго-

восточное скатывание. Угол склонения определяется на вертикальной проекции с помощью транспортира. Для определения углов скатывания следовало бы построить разрезы вдоль горизонтальных проекций рудных тел или рудных столбов, но для решения данной задачи это делать не обязательно.

На рис. 4 (в *приложении*) видно, что рудное тело 2 на горизонте – 30 м сливается с рудным телом 1, т.е. его перспективы ограничены как по этой причине, так и потому, что благоприятный горизонт с глубиной тектонически выклинивается. Зато на участке пересечения рудного тела 1 с благоприятным горизонтом на глубинах от 15 до 30 м следует ожидать раздвиг, поскольку известна положительная роль литологического фактора. В связи с тем, что глубже этого участка геологическая обстановка для рудного тела 1 будет той же, что и на поверхности (контакт гранодиоритов с вулканогенно-осадочными породами), следует ожидать, что его мощность ниже выклинивания благоприятного горизонта будет примерно такой же, как и на поверхности. На какой глубине рудное тело 1 выклинится полностью, нельзя установить ни по условию задачи, ни по результатам геометризации. Но по аналогии с разведанными месторождениями того же рудного узла можно принять, что рудное тело 1 выклинивается на глубине 340 м от поверхности. На вертикальной проекции линию выклинивания проводим горизонтально.

2. *Выбор системы разведки.* Из условия задачи и результатов геометризации следует, что объект разведки можно отнести к четвертому геолого-промышленному типу полиметаллических месторождений, характеризующихся в данном случае мелкими, весьма изменчивыми по форме и содержанию полезных компонентов рудными телами. Согласно инструкциям **ГКЗ** и учебным пособиям такие месторождения должны разведываться комбинацией горных выработок и буровых скважин. В пользу горных выработок говорит и то, что месторождение, по всей вероятности, будет разрабатываться подземным способом. Но при ровном рельефе поверхности месторождения для его разведки на глубину потребуется проходка одной или даже двух разведочных шахт глубиной по 80 м, так как на стадии предварительной разведки рудные тела должны подсекаться через два эксплуатационных горизонта высотой по 40 м. Кроме того, потребуется проходка подходов квершлагам, штрекам, рассечкам и короткометражных скважин подземного бурения. Даже не прибегая к технико-экономическим расчетам, видим, что применение горных выработок обусловит значительное удорожание работ и недопустимое затягивание срока предварительной разведки. На этом основании принимаем в проекте этажную систему разведки скважинами колонкового бурения, учитывая что технологические пробы для лабораторных

испытаний обогатимости руд могут быть отобраны как по керну, так и из канав. Горные выработки в случае необходимости могут быть пройдены на стадии детальной разведки.

При обосновании необходимой густоты сети скважин и их расположения (форма сети) исходим из результатов геометризации и следующих положений:

а) для подтверждения прогнозных построений в отношении рудного тела 2 достаточно пробурить всего одну скважину (рис. 4, скв. 1 *в приложении*);

б) на глубину должно разведываться только рудное тело 1, поскольку рудное тело 2 не будет продолжаться глубже 30 м;

в) скважины должны пересекать рудное тело на отметках будущих эксплуатационных горизонтов, пропуская один горизонт (предварительная разведка), т.е. на отметках –80 и –160 м; более глубокие горизонты могут быть разведаны по сети, разреженной в два раза или более;

г) рудное тело 1 более выдержано по падению, чем по простиранию, что обязывает уменьшить расстояние между скважинами по простиранию по сравнению с тем, которое принято по падению; принимаем расстояние между скважинами по простиранию равным 40 м, что примерно соответствует длине эксплуатационного блока.

Таким образом, густота сети в плоскости вертикальной проекции на двух верхних разведочных этажах будет  $40 \times 80$  м, а на более глубокие горизонты зададим единичные скважины. В соответствии с этим размещаем проектные скважины на плане, разрезах и вертикальной проекции (рис. 4 и 5 *в приложении*), нумеруя скважины в порядке их проходки.

Все скважины будут буриться со стороны висячего бока в плоскостях меридиональных разрезов, т.е. азимуты направления наклонных скважин будут равны  $360^\circ$ . На поверхности никаких работ не предусматриваем, так как на стадии поисково-разведочных работ канавы были пройдены по достаточно густой сети.

3. Объем проектируемых работ. Измерения на графических построениях показывают, что для предварительной разведки месторождения потребуется пробурить 10 колонковых скважин. Общий метраж бурения 2028 пог. м. Углы наклона и проектные глубины скважин приведены в следующей таблице 5.

Во всех скважинах предусматривается произвести электрокаротаж, гаммакаротаж, радиоволновое просвечивание и замеры зенитных и азимутальных искривлений через каждые 25 м.

В скважинах, которые пересекут рудное тело (рис. 5 *в приложении*), длина интервалов, подлежащих опробованию, составит в среднем

около 5 м с учетом необходимости опробования околорудных пород. Пять проектных скважин встретят рудное тело, поэтому общий метраж керна, подлежащего опробованию, составит 25 м. По опыту разведки аналогичных месторождений длина рядовых проб будет колебаться от 0,5 до 2 м (в зависимости от мощности минералогических разновидностей руд) и в среднем будет равна 1,25 м. Общее количество рядовых проб  $25:1,25 = 20$  проб.

Таблица 5

Номер скважины	Угол наклона. град.	Проектная глубина, м
1	90	20
2	68	120
3	68	120
4	68	120
5	68	120
6	75	200
7	75	200
8	75	200
9	90	360
10	90	400

Все рядовые пробы будут анализироваться на свинец и цинк, а объединенные пробы, кроме того, на серу, медь, серебро, золото, кадмий, индий, селен, теллур, таллий, мышьяк и сурьму.

Предусматривается также отбор трех технологических проб массой по 200 кг для испытаний руд на обогатимость в лабораторных условиях. Две технологические пробы будут отобраны из канав отдельно по рудным телам 1 и 2, а одна проба – из керна рудных скважин путем раскалывания на две части оставшихся после отбора рядовых проб половинок керна.

Для лабораторного определения объемной массы руд и вмещающих пород будет опробовано 20 типичных образцов из канав и керна скважин. Кроме того, два определения объемной массы будет сделано полевым способом по валовым пробам из канав.

Минералого-петрографические исследования предусматривают:

а) отбор, изготовление и исследование под микроскопом 100 прозрачных и 20 полированных шлифов, из расчета один шлиф на 20 м скважины и четыре аншлифа на каждую рудную скважину;

б) отбор, полные спектральные и расширенные химические анализы мономинеральных проб главных рудных и нерудных минералов, всего 15 проб.

### **ЗАДАЧА № 3**

На полиметаллическом месторождении канавами оконтурен изометрический выход богатых полиметаллических руд, приуроченный к пересечению двух тектонических трещин в известняках. Одна из этих трещин имеет простирание СВ  $45^\circ$  и падает на СЗ под углом  $80^\circ$ . Другая трещина имеет простирание СЗ  $330^\circ$  и падает на ЮЗ под углом  $60^\circ$ . Площадь рудного выхода  $200 \text{ м}^2$ . Предполагается, что рудное тело распространяется до глубины 400 м (считая от поверхности по вертикали) и имеет трубообразную форму.

*Требуется:*

1. Выбрать систему предварительной разведки рудного тела.
2. Составить в масштабе 1:1000 разрез вдоль склонения рудного тела и плоскость вертикальной проекции, построенной по линии, перпендикулярной проекции линии склонения на горизонтальную плоскость.
3. Показать на разрезе и вертикальной проекции разведочные выработки.

*Ход решения:*

На листе миллиметровой бумаги изобразить две трещины с указанными в условии задачи элементами залегания. Затем плоскости этих трещин изобразить в системе изогипс. Сечения изогипс через 5 м. Через точки пересечения изогипс, имеющих одинаковые отметки, провести линию, которая и будет горизонтальной проекцией линии склонения. После этого провести на полученном плане линию построения требуемой проекции и спроектировать на последнюю контуры рудного тела. На построенном плане, разрезе и вертикальной проекции показать расположение проектируемых выработок предварительной разведки.

### **ЗАДАЧА № 4**

На одном из рудопроявлений олова канавами были вскрыты кварцево-сульфидные жилы с касситеритом, которые названы рудными телами 1 и 2 (рис. 6 в приложении). Падение жил юго-восточное по углом  $27^\circ$ , мощность в среднем 2 м. Мощность наносов 1–1,5 м. В канавах 2 и 10 обнаружена бедная вкрапленность касситерита (содержание олова 0,1–0,2%), в канавах 3, 4 и 9 – рядовые руды с содержанием олова 0,6% и в канавах 5, 7 и 8 – богатые руды с содержанием олова 5%. Канавами 1, 6 и 11 жилы подсечены не были. Для оценки перспектив рудных тел на глубину пройдены две вертикальные скважины механического колонкового бурения. Скважина 1 встретила рядовые руды мощностью 2,1 м, скважина 2 жилу не встретила. По аналогии с соседними место-

рождениями считается, что жилы будут продолжаться по падению минимум на 200 м от поверхности.

*Требуется:*

1. Сделать вывод о том, какая стадия геологоразведочных работ закончена на рудопроявлении.
2. Оценить перспективы рудопроявления.
3. В случае необходимости запроектировать геологоразведочные работы для дальнейшего изучения рудопроявления и сформулировать основные задачи этих работ.

*Ход решения:*

1. На плане провести линии истинных простираний жил и построить контур их горизонтальных проекций, учитывая возможное наличие склонения.
2. Выбрать систему разведки и показать расположение проектных выработок на горизонтальной проекции и на двух-трех разрезах.

## **IV. ПОДСЧЕТ ЗАПАСОВ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ**

### **4. Задачи по подсчету запасов**

Подсчет запасов производится в строгом соответствии с установленными для данного месторождения кондициями.

Устанавливается следующая последовательность операций по подсчету запасов: 1) оконтуривание месторождения, 2) подсчет запасов.

#### **Оконтуривание месторождения**

*Оконтуривание* представляет собой один из важнейших и ответственных элементов геолого-экономической оценки месторождения.

Вначале производится выделение нулевого, промышленного (балансового или рабочего) и забалансового контуров. Затем уже в пределах каждой группы запасов выделяются контуры запасов по категориям и, наконец, в пределах последних – контуры подсчетных блоков.

Обычно в практике проводят только балансовый и забалансовый контуры, что нередко бывает оправдано тем, что нулевой контур практически установить не удастся.

Наиболее надежным методом проведения всех контуров является метод оконтуривания по опорным точкам, т.е. непосредственно по точкам измерения геолого-промышленных параметров. Дискретность геологических наблюдений диктует необходимость использования и менее

надежных методов оконтуривания: интерполяцией между двумя точками наблюдения и экстраполяцией за пределы пункта наблюдения.

Естественно, что при интерполяции и экстраполяции необходимо в полной мере использовать геофизические наблюдения и все имеющиеся данные по рудному контролю, закономерностями изменчивости орудения и др.

### **Методика подсчета запасов**

Собственно подсчет запасов включает определение средних значений геолого-промышленных параметров в выделенных подсчетных блоках и определение в них количества запасов руды и полезных компонентов.

Среднее значение геолого-промышленных параметров (мощности рудного тела, содержания компонентов, объемной массы и т.п.) определяется тремя способами:

а) среднеарифметическим по формуле

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

где  $m_i$  – частные значения параметра, например мощности (по пробе, выработке);

$n$  – число проб (выработок);

б) средневзвешенным по формуле

$$C_{cp} = \frac{\sum m_i C_i}{\sum m_i},$$

где  $C_i$  – частные значения взвешиваемого параметра, например, содержания (по пробе, выработке);

в) среднеинтегральным по формуле

$$C_{cp} = \frac{1}{3} \left[ (C_1 + C_2) + \frac{C_1 m_1 + C_2 m_2}{m_1 + m_2} \right].$$

Среднеарифметический способ применим при незакономерном (случайном) изменении признака от одной точки измерения к другой.

Средневзвешенный способ оправдан при закономерном скачкообразном изменении признака, когда значение его по отдельной пробе можно распространить на половину расстояния между этой пробой и соседней с ней.

Среднеинтегральный способ необходимо применять при закономерном линейном изменении признака между любыми соседними измерениями. Особенно рекомендуется использовать его при определении

среднего содержания по двум выработкам (по профилю), либо по двум сечениям (по блоку).

В зависимости от специфики оконтуривания подсчетных блоков и определения в них средних подсчетных параметров выделяются следующие основные методы подсчета запасов: а) геологических блоков, б) эксплуатационных блоков, в) разрезов (параллельных и непараллельных), г) изогипс, д) изолиний.

**Метод геологических блоков.** Главной особенностью метода является выделение геологически и технологически однородных блоков. Подсчет запасов по блоку производится по формулам

$$V = S \cdot m_{cp},$$

$$P_p = v \cdot d_{cp},$$

$$P_M = \frac{P_p \cdot C_{cp}}{100},$$

где  $V$  – объем блока (в  $m^3$ );  $S$  – площадь блока ( $m^2$ );  $m_{cp}$  – средняя мощность рудного тела в пределах блока (м);  $P_p$  – запасы руды (т);  $d_{cp}$  – средняя объемная масса руды;  $P_M$  – запасы металла (т);  $C_{cp}$  – среднее содержание полезного компонента (металла в %).

**Метод эксплуатационных блоков** отличается тем, что подсчетный блок совпадает с эксплуатационным блоком, нарезанным в процессе горно-подготовительных работ. Формулы подсчета те же, что и в методе геологических блоков.

Метод геологических разрезов характеризуется тем, что подсчетные блоки выделяются между каждыми соседними разрезами (горизонтальными либо вертикальными). По этому методу объем блока определяется по формулам:

при параллельных разрезах;

$$V = \frac{S_1 + S_2}{2} L;$$

при непараллельных разрезах:

$$V = \frac{S_1 + S_2'}{2} \cdot L + \frac{S_2 \cdot h}{2},$$

где  $S_1$  и  $S_2$  – площади рудного тела соответственно на первом и соседнем ему втором разрезах ( $m^2$ );  $L$  – расстояние между соседними разрезами (м);  $S_2'$  – проекция рудного тела разреза  $S_2$  на плоскость, параллельную разрезу  $S_1$ ;  $h$  – перпендикуляр, восстановленный из крайней точки разреза  $S_2'$  к разрезу  $S_2$ .

Запасы руды и металла подсчитываются по тем же формулам, что и в методе геологических блоков.

**Метод изогипс** отличается от метода геологических блоков тем, что подсчетные блоки выделяются на плане изогипс пласта. Метод используется обычно для пластовых месторождений, выдержанных по мощности, но с меняющимися углами падения пласта. Подсчетные блоки могут выделяться между каждыми соседними изогипсами либо занимать ряд изогипс, отражающих участки однородного залегания пласта. По своей сущности метод близок к методу геологических блоков. Отличительная особенность метода – выделение подсчетного блока на плане изогипс и, как следствие, использование специальной формулы определения площади пласта в пределах подсчетного блока.

$$S = \sqrt{a_{cp}^2 \cdot h^2} \cdot L,$$

где  $a_{cp}$  – среднее расстояние между крайними изогипсами на плане в м;

$h$  – вертикальное заложение между изогипсами в м;

$L$  – длина подсчетного блока в м.

Объем и запасы определяются по тем же формулам, что и при методе геологических блоков.

Известны модификации подсчета запасов методом изогипс: методы косинуса, косеканса, среднего угла и т.п.

**Метод изолиний** используется для месторождений с закономерным пространственным изменением геолого-промышленных параметров, когда эти закономерности могут быть объективно отражены на плане изолиний. Планы изолиний могут составляться для любого геолого-промышленного параметра (мощности, содержания любого компонента, вертикального запаса металла и т.п.).

Соответственно план изолиний используется для определения объема руды, среднего содержания, запасов и т.д.

Объем руды по плану изолиний мощности рудного тела рассчитывается по формуле

$$V = \left( S_1 + \frac{S_2}{2} + \frac{S_3}{2} + \dots + \frac{S_{n-1}}{2} + S_n \right),$$

где  $S_1; S_2; S_3; \dots; S_n$  – площади соответствующих изолиний мощности ( $m^2$ );

$h$  – вертикальное заложение изолиний (м).

Запасы руды и металла определяются, как и в методе геологических блоков.

Среднее содержание находится по формуле

$$C_{cp} = \frac{\sum C_i P_i}{\sum S_i},$$

где  $S_i$  – площади изолиний ( $m^2$ );

$C_i$  – содержание компонента для соответствующей изолинии.

По существу здесь среднее содержание определяется способом взвешивания на площади влияния.

Запас компонента рассчитывается по формуле

$$P_M = \sum S_i P_i,$$

где  $P_i$  – вертикальный запас компонента

$$P_i = m_i C_i.$$

### **ЗАДАЧА №5**

#### **Даны:**

- 1) Результаты опробования скважин (табл. 6), пройденных на одном из месторождений сурьмы, расположенных на одном профиле через 10 м.
- 2) Длина керновых проб 0,8 м, содержание сурьмы указано в %.
- 3) Минимальная мощность тел и безрудных прослоев принята в 1,2 м.

*Таблица 6*

<b>Скважина 1</b>	<b>Скважина 2</b>	<b>Скважина 3</b>	<b>Скважина 4</b>	<b>Скважина 5</b>
0,34	1,15	1,35	0,27	1,15
0,28	0,35	0,34	0,19	0,53
0,40	0,43	0,60	0,37	0,49
0,36	0,67	0,34	0,31	0,46
0,29	1,35	0,69	0,78	1,41
0,33	0,78	1,94	0,84	1,26
0,32	0,62	1,86	1,95	0,76
0,25	0,32	1,41	0,31	0,78
0,24	1,25	1,39	0,27	0,29
0,28	0,75	0,13	0,41	0,39
1,35	2,80	0,72	0,34	1,35
0,31	1,67	0,75	0,65	0,21
0,26	1,14	1,20	1,15	0,73
0,29	1,10	1,49	2,10	0,95
0,96	1,20	0,45	2,37	1,00
1,05	1,71	0,23	0,98	0,74
0,32	0,27	1,25	0,56	0,89
0,23	1,00	0,65	0,45	1,25

**Требуется:**

- 1) Нанести данные опробования на разрез в условном масштабе.
- 2) Оконтурировать рудные тела: **а)** по минимальному промышленному содержанию сурьмы 1,2%; **б)** по бортовому содержанию сурьмы 0,8%; **в)** по бортовому содержанию сурьмы для забалансовых запасов 0,5%.
- 3) Подсчитать среднее содержание сурьмы для балансовых запасов богатых и рядовых руд, для забалансовых запасов руд и сравнить результаты подсчета.

	- 1,2%
--	--------

	- 0,8%
--	--------

	-0,5%
--	-------

## ТЕКУЩИЙ И ИТОГОВЫЙ КОНТРОЛЬ ИЗУЧЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Контрольные вопросы для подготовки студентов к зачету:

1. Понятие о геологической съемке, поисках и разведке.
2. Методы поисков.
3. Основные стадии разведки.
4. Предварительная разведка.
5. Детальная разведка.
6. Эксплуатационная разведка.
7. Принципы разведки месторождений. Требование и оконтуривание полезных ископаемых.
8. Основные задачи разведки месторождений полезных ископаемых.
9. Геолого-промышленная оценка месторождений.
10. Основы инженерной геологии. Гидрогеология.
11. Инженерно-геологические, гидрогеологические исследования и наблюдения на месторождениях полезных ископаемых.
12. Приток воды к горным выработкам. Схемы осушения карьерных и шахтных полей.
13. Опробование месторождений полезных ископаемых.
14. Методы подсчета запасов полезных ископаемых.
15. Промышленные типы металлических полезных ископаемых.
16. Промышленные типы неметаллических полезных ископаемых.
17. Геологическое обеспечение горных работ.
18. Стадии разведочного процесса.
19. Разведочные геологические разрезы и расположение разведочных выработок.
20. Система разведки.
21. Поверхностные выработки.
22. Подземные выработки.
23. Буровые скважины.
24. Основные сведения о месторождениях полезных ископаемых.
25. Поисковые признаки.
26. Поисковые предпосылки.
27. Опробование месторождений полезных ископаемых.
28. Предварительные и детальные поиски.
29. Морфология рудных тел полезных ископаемых.
30. Предварительные и детальные поиски.
31. Меры борьбы с подземными водами.
32. Основные способы подсчета запасов.

33. Оконтуривание месторождений для подсчета запасов полезных ископаемых.
34. Классификация запасов твердых полезных ископаемых.
35. Характеристика категорий запасов полезных ископаемых.
36. Подготовленность месторождений для эксплуатации.
37. Система геологического изучения недр.

## ЛИТЕРАТУРА

### Основная литература

1. Ермолов В.А. Геология. Часть 2. Разведка и геолого-промышленная оценка месторождений полезных ископаемых, 2005. 392 с.
2. Ермолов В.А. Геология. Часть 2. Разведка и геологопромышленная оценка месторождений полезных ископаемых: Учебник. 2005. 392 с.
3. Ершов В.В. Геология и разведка месторождений полезных ископаемых. М.: Недра, 1989.
4. Красильщиков Я.С. Основы геологии поисков и разведки месторождений полезных ископаемых. М.: 1987.
5. Малюкова Н.Н. Методические указания к курсовой работе по курсу «Геология». Бишкек: КРСУ, 2014. 54 с.

### Дополнительная литература

1. Прокофьев А.П. Основы поисков и разведки месторождений полезных ископаемых. М.: Недра, 1975.
2. Погребницкий Е.О. Задачник для лабораторных занятий по курсу «Поиски и разведка месторождений полезных ископаемых». М.: Недра, 1975.
3. Милосердина Г.Г., Прокофьев А.П. Сборник типовых задач по геолого-разведочному делу. М.: Недра, 1976.
4. Старостин В.И., Игнатов П.А. Геология полезных ископаемых, М.: Акад. проект, 2004.
5. Ермолов В.А. и др. Месторождения полезных ископаемых: Учебник. 2-е издание, 2004. 570 с.
6. Красулин В.С. Справочник Техника-геолога. М.: Недра, 1974.

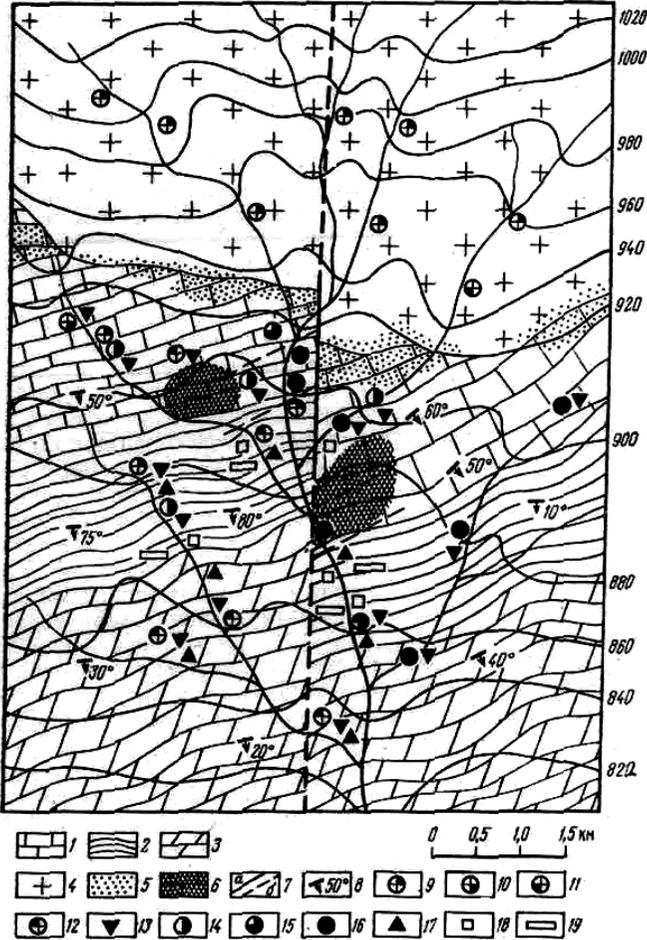


Рис. 1. Геологическая карта участка:

1 – известняки 2 – глинистые сланцы; 3 – мергели; 4 – граниты; 5 – скарнированные породы; 6 – доломитизированные породы; 7 – разрывные тектонические нарушения; установленные, предполагаемые; 8 – элементы залегания пород; обнаруженные в шлихах минералы; 9 – с касситеритом, 10 – с вольфрамитом, 11 – с золотом, 12 – с гранатом, 13 – с магнетитом; 14 – с касситеритом и вольфрамитом, 15 – с касситеритом, вольфрамитом и золотом, 16 – с касситеритом, вольфрамитом золотом и гранатом, 17 – с баритом, 18 – с пиритом, 19 – с галенитом.

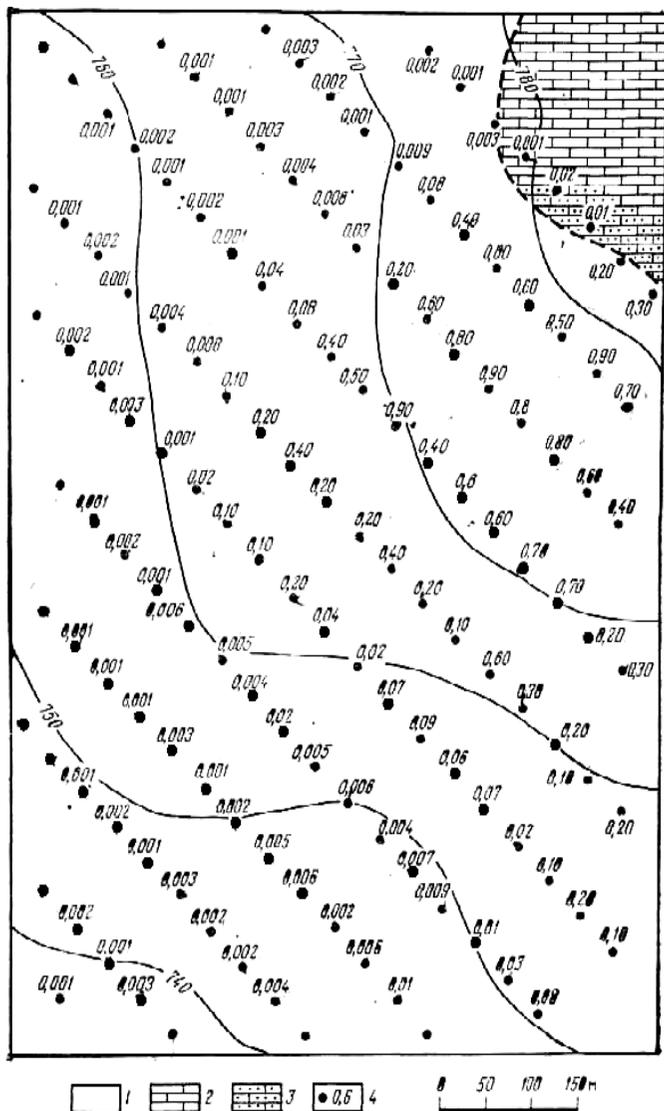


Рис. 2. Карта геохимических поисков:

1 – рыхлые элювиально-делювиальные отложения; 2 – известняки; 3 – доломитизированные; 4 – места отбора металлотрических проб и содержание в них свинца.

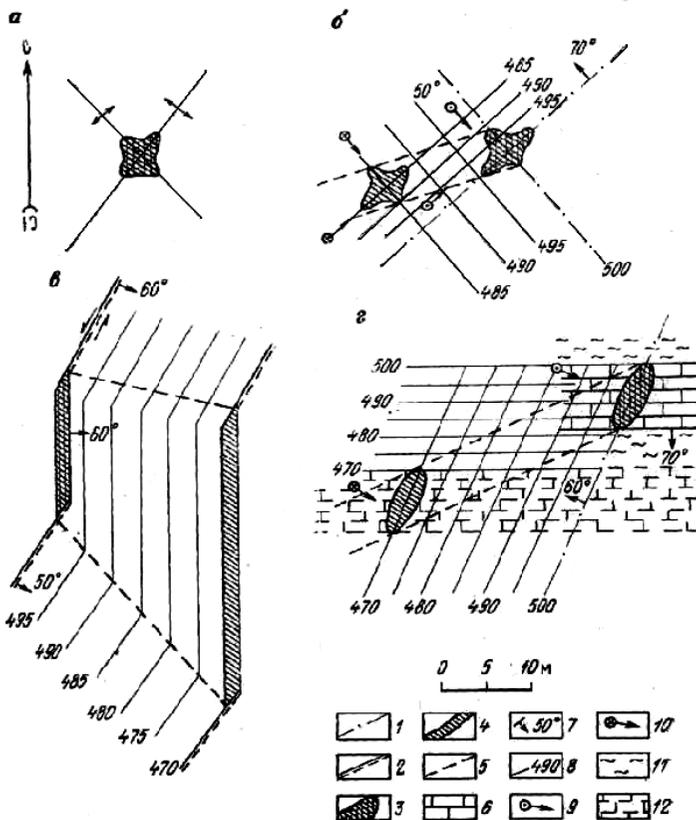


Рис. 3. Примеры геометризации при наличии структурного (а, б, в) и структурно-литологического контроля оруденения (г):

1 – дорудные тектонические трещины; 2 – тектонические нарушения с глиной трения; 3 – контуры рудных тел на ровной дневной поверхности или на любом заданном горизонте (в данном случае абсолютная отметка заданного горизонта +500 м); 4 – прогнозируемые контуры рудных тел на горизонтах +485 м (б) и +470 м (в, г); 5 – границы рудных тел в проекции на горизонтальную плоскость; 6 – известняки на горизонте + 500 м; 7 – элементы залегания; 8 – изогипсы рудоконтролирующих трещин и почвы литологически благоприятного горизонта (известняков); 9 – устья и направления разведочных скважин, которые не встретят рудных тел ниже отметки +495 м при любых зенитных углах; 10 – устья и направления разведочных скважин, могущих при соответствующих углах наклона встретить рудные тела на отметках +485 м (б) или +470 м (г); 11 – глинистые сланцы; 12 – известняки на горизонте с отметкой +470.

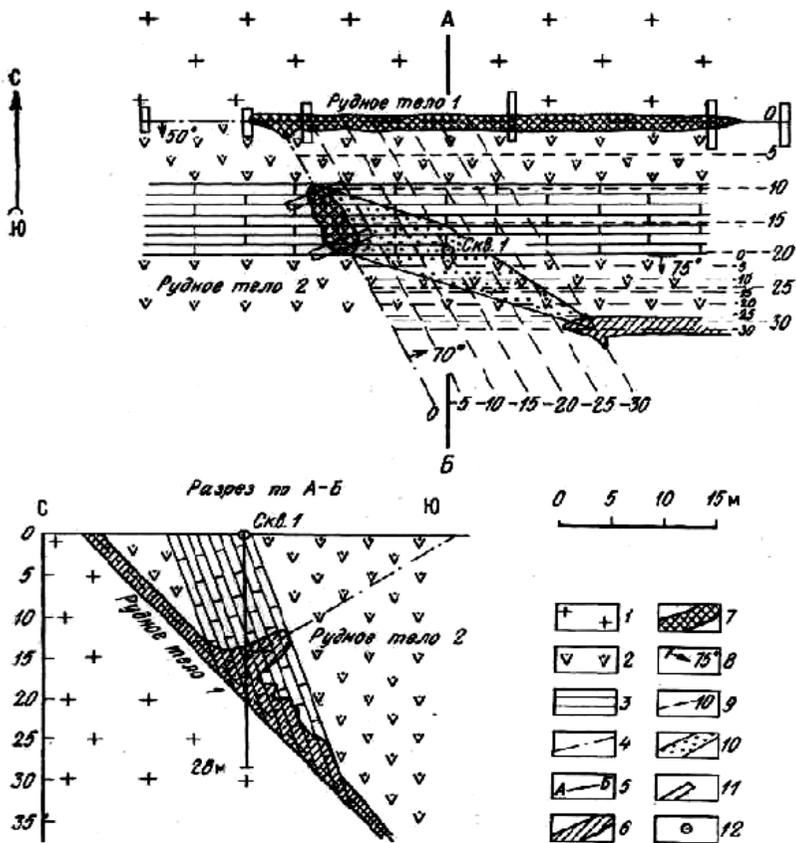


Рис. 4. Фрагмент геологического плана и разреза месторождения с элементами геометризации:

1 – гранодиориты; 2 – вулканогенные горные породы – туфы и порфириты; 3 – осадочные карбонатные породы – туффиты известковистые и известняки; 4 – тектонические нарушения дорудные; 5 – линия разреза; 6 – предполагаемый контур рудного тела № 1 на горизонте с отметкой – 30 м; 7 – контуры рудных тел на поверхности; 8 – направление и угол падения; 9 – изогипсы рудоконтролирующих трещин и кровли благоприятного горизонта; 10 – контур проекции рудного тела № 2 на горизонтальную плоскость (в плане); 11 – канавы, пройденные на стадии поисково-разведочных работ; 12 – устье проектной скважины.

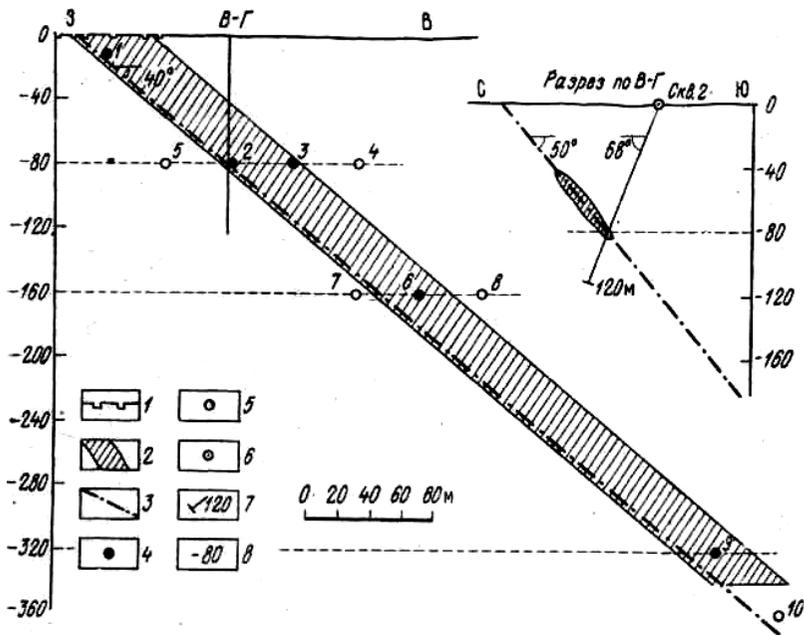


Рис. 5. Продольная вертикальная проекция рудного тела 1 и поперечный разрез:

1 – каналы, пройденные на поверхности; 2 – предполагаемые контуры рудного тела 1 на глубине; 3 – линия пересечения (на проекции) широтной тектонической трещины с трещиной северо-западного простирания, обуславливающая восточное склонение рудного тела под углом  $40^\circ$  к горизонту. На разрезе этим же знаком показана широтная трещина; 4 – проекции точек пересечения проектируемых скважин с осевой плоскостью рудного тела (рудные скважины); 5 – проекции точек пересечения скважин с широтной трещиной (безрудные проектные скважины); 6 – устье проектной скважины; 7 – забой проектной скважины и ее глубина в м; 8 – отметки разведочных горизонтов.

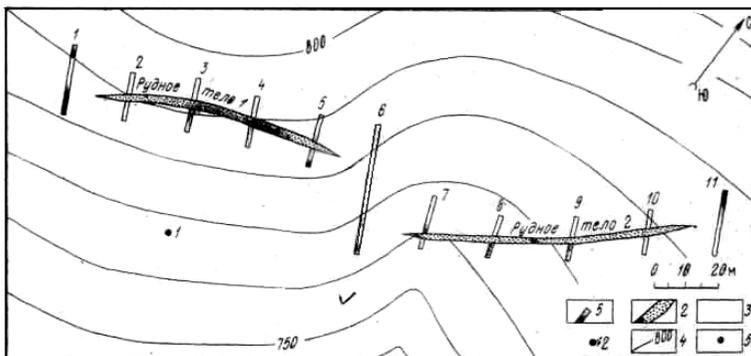


Рис. 6. План поверхности участка рудопроявления:

- 1 – канавы и их номера; 2 – рудные тела; 3 – вмещающие горные породы;  
 4 – горизонтали рельефа и их отметки; 5 – устья скважин.

Составители:

*Наталья Николаевна Малюкова,  
Лариса Ивановна Зубченко*

МЕТОДИЧЕСКОЕ РУКОВОДСТВО  
ДЛЯ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ  
ПО КУРСУ «ГЕОЛОГИЯ»

для студентов II курса  
специальности 131201.65 «Физические процессы горного  
и нефтегазового производства»

Редактор *А.И. Дегтярева*  
Компьютерная верстка – *Д.В. Шевченко*

Подписано в печать 13.05.14. Формат 60x84<sup>1</sup>/<sub>16</sub>  
Офсетная печать. Объем 3,5 п.л.  
Тираж 100 экз. Заказ 189

Отпечатано в типографии КРСУ  
720048, г. Бишкек, ул. Горького, 2