



Министерство образования и науки Самарской области
Государственное бюджетное профессиональное образовательное учреждение
Самарской области
«САМАРСКИЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ КОЛЛЕДЖ»
(ГБПОУ «СЭК»)

Н. Ю. Едигарьева

**МДК 01.01 ОСНОВЫ ТЕХНОЛОГИИ ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИХ
И ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ РАБОТ**

Тема 9. Структурная геология и геологическое картирование

Конспект лекций для студентов специальности 21.02.09

Гидрогеология и инженерная геология

Самара

Конспект лекций по теме 9 Структурная геология и геологическое картирование МДК.01.01 Основы технологии гидрогеологических и инженерно-геологических работ для студентов специальности 21.02.09 / сост.: Едигарьева Н. Ю. – Самара: ГБПОУ «СЭК». – 97 с.

Издание содержит конспект лекций по теме 9 Структурная геология и геологическое картирование МДК.01.01 Основы технологии гидрогеологических и инженерно-геологических работ.

Замечания, предложения и пожелания направлять в ГБПОУ «СЭК» по адресу: 443001, г. Самара, ул. Самарская, 205-А или по электронной почте info@sam-ek.ru

Тема 9.1 Введение в структурную геологию и геологическое и инженерно-геологическое картирование

Структурная геология является частью **геотектоники** – науки о строении, движениях и развитии верхних оболочек земного шара. Она изучает формы залегания горных пород в земной коре, причины их возникновения и историю развития.

Слово «*тектоника*» – от греческого - «*строю*». «*Структура*» – от латинского – *строение, расположение, порядок*.

Горные породы образуют в земной коре тела различной формы или структуры. По происхождению структурные формы бывают первичными (образованными в результате осадконакопления или магматической деятельности) и вторичными (измененными под влияниями тектонических или других причин) складки, трещины, разломы и другие.

Структурная геология ограничивается двумя прямыми задачами:

- изучается морфология (внешний облик, размеры, размещение в земной коре) структурных форм и их простейших сочетаний;
- раскрывается механизм (возможные условия, последовательность) образования этих структур.

Структурно-геологическое картирование производят в процессе геологического картирования или геологической съемки.

Геологическое картирование – это исследования, проводимые с целью изучения геологической истории района, его геологического строения, выявления полезных ископаемых и составления геологической карты. Геологическая съемка заключается в изучении естественных и искусственных обнажений горных пород, определением состава горных пород, их происхождения, возраста и форм залегания. Границы распространения выделенных типов пород наносятся на топографическую карту. При геологической съемке широко применяются буровые, горные работы, геофизические, геоморфологические, геохимические и другие методы.

Составленные карты позволяют сделать заключение о геологическом строении района, его развитии, о наличии полезных ископаемых и служат основой для проектирования поисковых и разведочных работ, при проведении инженерно-геологических изыскания для мелиорации и водоснабжения.

Вся территория России покрыта геологической съемкой разного масштаба начиная от 5000 до 200 000- 1 000 000.

Структурная геология опирается на обширные данные других отраслей геологических наук: минералогии, петрографии, исторической геологии, палеонтологии, геоморфологии и литологии.

В свою очередь, структурная геология служит базой, на которую опираются другие разделы геологии: геотектоника, учение о полезных ископаемых и т.д. Знание условий залегания осадочных, изверженных и метаморфических пород в земной коре открывает возможность правильно подойти к выявлению и прогнозам расширения полезных ископаемых. Известна при-

уроченность отдельных видов полезных ископаемых к определенным типам структур (нефть – своды антиклинальных складок, подземные воды – синклинальные складки и т.п.).

Геологическое картирование (геологическая съемка) – прикладная геологическая дисциплина, рассматривающая методы составления геологических карт и их практическое применение. Цель геологического картирования – всестороннее изучение геологического строения, полезных ископаемых и составление геологической карты выбранного района в том или ином масштабе.

История развития структурной геологии

1 период. Осенью 1700 года Петр I учредил «Приказ рудокопных дел». К середине 18 века открыты богатейшие месторождения Fe, Cu на Урале, Ag, Pb на Алтае, Забайкалье, каменного угля в Донбассе.

С 1765 по 1775 годы – время знаменитых академических экспедиций (Урал, Алтай, Северный Казахстан, отчасти Кавказ, Камчатка, Сибирь). В 1774 году в Санкт-Петербурге было открыто Высшее горное училище, преобразованный в Горный кадетский корпус, затем в Горный институт.

История развития горного дела в России связана с именем М.В. Ломоносова. В своих известных геологических трудах «О слоях земных» и «Слово о рождении металлов от трясения Земли» в конце 50-ых годов 18 века Ломоносов положил начало науке о строении земной коры – тектонике и её разделу – структурной геологии (описание пластов, сложности, складок и разрывов горных пород)

Первая из известных карт с условными знаками горных пород и минералов была составлена во Франции в 1644 году Кулоном. В 1684 году английский ученый Листер предложил обозначать разновидности пород на картах разными цветами.

Определение относительного возраста и нормальной последовательности осадочных напластований стало возможным после исследований В.Смита в Англии и Ж.Кювье во Франции. В 1796 году Смит установил, что изучение состава органических остатков позволяет выяснить последовательность слоев, отвечающих хронологическому порядку отложения их на дне моря. Тем самым было положено начало новой ветви **стратиграфии – биостратиграфии**.

В 1799 году была составлена «Шкала осадочных образцов Англии».

2 период. Возникла необходимость в организации Международного геологического конгресса первая сессия которого прошла в Париже в 1878 году, а вторая – в Болонье 1881 года, на которой состоялся конкурс на лучшие условные знаки к геологическим картам и разрезам. А.А.Иностранцев предложил ввести такую градацию возраста осадочных пород: группа, система, отдел, ярус; А.П.Карпинский – окрашивать карты: Т (триас) – фиолетового, I (юра) – синего, К (мел) – зеленого и N (третичный) – желтого цвета.

В 1882 году Карпинский издал карту Европейской России.

3 период. Начинается с 1917 года. За этот период территория Советского Союза покрыта геологической съемкой масштаба 1: 1 000 000 и 1: 500 000 и крупней. Геологическими работами руководил Архангельский, Губкин, Обручев, Наливкин, Шатский.

Топографическая основа геологической карты.

Объекты исследования – это обнажения, выработки, расчистки при геологической съемке наносятся на топографическую основу или как говорят делают привязку. От точности привязки зависит правильность построения на геологической карте стратиграфических границ. Эти границы обусловлены не только геологическим строением, но и рельефом местности. Рельеф оказывает большое влияние на конфигурацию слоев породы. Рельеф – от французского слова – «выпуклость». Это совокупность впадин и выпуклостей земной коры. Итак, без топографической карты невозможно составить геологическую карту.

Топографическая карта и топографическая основа это не одно и то же.

Топографической картой называют графическое изображение поверхности земли на плоскости в уменьшенном виде с учетом кривизны Земли.

Карты бывают 4-х типов:

- мелкомасштабные 1:1 000 000 и 1:500 000;
- среднемасштабные 1:200 000 и 1:100 000;
- крупномасштабные 1:50 000 и 1:25 000;
- детальные 1:10 000, 1:5 000, 1:2 000, 1:1 000, 1:500, 1:100.

Важным элементом топографической карты является рельеф, который изображается горизонталями, т.е. линиями соединяющими точки с одинаковыми отметками рельефа на местности. Линии проводятся через равные между собой интервалы высот. Эти интервалы называются сечением рельефа или сечением горизонталей. Чем меньше сечение, тем детальнее изобразится рельеф местности на карте. Горизонтالي могут проводиться через 100-50-20-10-5-2-1-0,5м.

Другой способ изображения рельефа – гипсометрический, который заключается в окраске высотных ступеней. Возвышенности покрываются коричневой краской – чем выше тем темнее, низменности – зеленой, чем ниже тем темнее. Такая карта используется при геоморфологической съемке.

На топографической карте кроме рельефа наносятся села, дороги, реки, леса и т.д. Использовать такую карту для нанесения геологической информации невозможно. Так если нанести меловые отложения и покрасить их в зеленый цвет, а на карте уже есть лесной массив зеленого цвета, то произошло бы смешение информации, и такая карта была бы непригодной для практического применения. Поэтому для геологических построений топографическую карту разгружают, т.е. снимают лишнюю нагрузку. Разгруженная топографическая карта называется топографической основой геологической карты. На топооснове не показывают растительный покров, заболоченность, но сохраняют полностью горизонтали, и гидрографию.

Вся территория Земного шара делится на отдельные листы карты миллионного масштаба. Эта карта принята за основу международной системы разграфки и номенклатуры. Карту в масштабе 1:1 000 000 получают путем деления северного или южного полушария на 60 меридиональных частей (колонн) и на 23 широтных части (ряда). Такой лист обозначают номенклатурным знаком, который включает - латинскую букву ряда, номер колонны и в скобках название крупного города расположенного на листе. Колонны обозначаются арабскими цифрами начиная с Гринвича от 180 до 0. Ряды латинскими буквами от А до V начиная с экватора. На территории России расположены листы миллионной карты в пределах колонн 1-2 и от 34 до 60, рядов (поясов) от J до U. Размер листа миллионной карты составляет 4 градуса между параллелями и 6 градусов между меридианами.

Геологические карты

Геологической картой называется изображение на **топооснове** с помощью условных знаков геологического строения территории, которое характеризуется выходящими на поверхность земли горными породами различающимися по возрасту, составу и условиям залегания.

Геологические карты подразделяются в зависимости от масштаба и от содержания.

По масштабу геологические карты делятся на:

- обзорные – меньше 1:1 000 000;
- мелкомасштабные 1:1 000 000-1:500 000;
- среднемасштабные 1:200 000- 1:100 000;
- крупномасштабные 1:50 000-1:25 000;
- детальные 1:10 000-1:500.

На одной и той же карте можно показать всю геологию района – возраст, состав и условия залегания, тектонику, геоморфологию, гидрогеологию, полезные ископаемые и многое другое. Но таких идеальных карт не составляют. В следствии большой информации, такая карта будет перегружена, трудно читаемая и практического применения не получила бы. Поэтому составляются отдельные карты по содержанию. По содержанию геологические карты подразделяются:

- геологические (литолого-стратиграфические);
- карты четвертичных отложений;
- геоморфологические карты;
- тектонические карты;
- гидрогеологические карты;
- карта полезных ископаемых;
- инженерно-геологическая карта;
- и другие- геофизические, палеонтологические, гидрохимические, карты-срезы.

Геологическая карта – это основная карта которая наиболее полно воспроизводит геологию района. Она отображает отложения выходящие на

поверхность и дает представление о строении земной коры на значительную глубину. Карта отображает условия залегания и взаимоотношение комплексов горных пород. В основу ее построения положен стратиграфический принцип – так как показывает возраст и стратиграфические соотношения горных пород. На геологической карте показываются коренные породы и четвертичные отложения морского происхождения. Четвертичные отложения континентальной формации снимаются и на карте не показываются.

Карта четвертичных отложений - коренные породы не расчленяются и показываются одним цветом, четвертичные отложения делятся по возрасту, генезису, составу. Обнажающиеся на поверхности коренные породы указываются без расчленения. Исключение составляют лишь неогеновые континентальные образования, которые нередко показываются на карте четвертичных отложений и тоже делятся по возрасту, происхождению и составу.

Геоморфологические карты - На них условными штрихами и цветом изображаются основные типы рельефа и его отдельные элементы с учетом их происхождения и возраста. При составлении геоморфологической карты помимо полевых наблюдений учитываются топокарта, аэрофото- и космодетектирование, а также карта четвертичных отложений.

Тектоническая карта – На них отображаются структурные элементы земной коры: разломы, складки, платформы, блоки, надвиги и другое. Структуры могут отображаться изогипсами, штрихами, цветом.

Гидрогеологическая карта - отражают водоносные свойства горных пород: их водообильность, условия распространения, залегания, химическую характеристику и другие свойства подземных вод. Основой для гидрогеологической карты является геологическая карта, на которой горные породы объединены в комплексы с одинаковой водоносностью.

Карта полезных ископаемых - условными знаками различной формы и цвета указываются все сведения о полезных ископаемых. Основой служит геологическая карта. Изображаемые на карте полезные ископаемые делятся на горючие, металлические, неметаллические и т.д. (для каждого выделяют – крупные, средние, мелкие месторождения, проявления, точки ...).

Инженерно-геологическая карта – на фоне возраста пород изображаются инженерно-геологические условия местности, показывающие возможность строительства на ней тех или иных сооружений или её хозяйственного использования. Здесь отмечаются физические свойства горных пород, пористость, проницаемость, устойчивость и др.

На картах с помощью цвета, штриховки, буквенных, цифровых и других условных знаков показывают возраст состав и происхождение горных пород, условия их залегания, характер границ между отдельными комплексами т.е. пользуются легендой.

Различают три основных **вида условных знаков: цветовые, штриховые, буквенные и цифровые.**

Цветовые обозначают возраст осадочных, вулканогенных и

метаморфических пород. Для интрузивных пород и четвертичных эффузивных цветовое обозначение применяется при указании их состава и показывается яркими насыщенными цветами. Чем моложе порода тем светлее ее окраска.

Q- четвертичные отложения – желтовато-серые;

N – неогеновые отложения – желтый;

- Палеогеновые отложения – оранжево-желтые;

- Меловые отложения – зеленые;

- Юрские отложения – синие, голубые;

- Триасовые отложения – фиолетовые;

- Пермские отложения – оранжево-коричневые (кирпичные);

- Каменноугольные (карбон) – серые;

- Девонские отложения – коричневые;

- Силурские отложения – серо-зеленый (светло-зеленый);

- Ордовикские отложения – оливковый;

- Кембрийские отложения – сине-зеленый темный;

- Архей, протерозой – розовые тона.

Штриховка – состав пород, иногда – возраст (когда карты одноцветные).

Буквенные и цифровые обозначения (индексы) служат для обозначения возраста и происхождения, состав интрузивных пород также обозначается буквами.

Индексы представляют собой сочетание латинских букв с арабскими цифрами для обозначения возраста и происхождения- alQ_1 – аллювий нижне-четвертичных отложений или для обозначения петрографического состава - γC_2 – граниты среднекембрийского возраста.

Изверженные породы:

Гамма – граниты – красный;

Кси - сиениты – оранжевый;

Ни – габбро – темно-зеленый и сине –зеленый.

Генезис отложений обозначается индексами: - морские осадки; - лагунные и озерные; - флишевые; - континентальные; - угленосные; - ледниковые; - аллювиальные; - флювиогляциальные и другие.

Внемасштабными или линейными знаками обозначают геологические границы, тектонические линии, элементы залегания слоев, выработки, и т. д.

Условные обозначения помещаются справа от карты и заключаются в прямоугольник размером 7*15мм. Прямоугольник окрашивают соответствующим цветом и внутри или сбоку проставляется индекс. Справа дается объяснение условного знака, словесная расшифровка каждого индекса. Сначала даются условные обозначения характеризующие стратиграфию пород сверху вниз (от молодых к старым) затем интрузивных пород и объяснение геологических контактов, знаков элементов залегания пород, выработки и прочие знаки.

Слева от карты помещают стратиграфическую колонку, под картой размещают разрез.

Геологическая карта – это итог коллективного труда, кондиционную карту можно построить, когда каждый и все вместе работают добросовестно и качественно.

Понятие разрез и профиль

Топографический профиль это топографическая основа геологического разреза. *Профиль — это вертикальный разрез рельефа местности по заданному направлению.* Для его построения на карте чертят линию разреза и обозначают буквами А-Б или А-А. Под картой прочерчивается линия такой же длины как и линия разреза на карте. Эта линия называется нулевой линией профиля. На нулевой линии откладываются точки пересечения линии разреза с горизонталями рельефа на карте, под точками указываются их высотные отметки

Затем с двух концов нулевой линии строят вертикальный линейный масштаб. Одно деление которого должно соответствовать сечению рельефа на карте. По системе прямоугольных координат находят точки поверхности земли в местах пересечения горизонталей разрезом, соединив их плавной кривой получают линию топографического профиля.

Вертикальный масштаб разреза выбирают в зависимости от масштаба карты, мощности и условий залегания слоев и характера рельефа. В общем случае вертикальный масштаб берется равным масштабу карты. Если мощности слоев малы, то вертикальный масштаб увеличивают, чтобы показать на разрезе все стратиграфические подразделения.

На топографический профиль наносятся геологические данные с карты. Для этого измеряют ширину выхода каждого пласта по линии разреза и отрезки откладывают на нулевой линии. Затем проектируют на топографический профиль и проводят границы пластов в вертикальной плоскости. Если есть на карте элементы залегания, направление и угол падения пластов то их обязательно используют.

Возраст пластов показывают окраской, литологический состав – штриховкой. Легенда должна быть общей для карты и разреза. Над разрезом подписывается его название, масштаб вертикальный и горизонтальный. По сторонам разреза - ориентация по сторонам света; буквами или цифрами его обозначение А-А или 1-1. Цифровые значения вертикального масштаба даются в абсолютных высотных значениях. Подписи под разрезом не делаются.

Методы структурной геологии и геологического картирования

Структурная геология изучается структурные формы залегания горных пород и их сочленение и причины их возникновения. Изучать структурные формы можно двумя методами: - полевой метод или метод наблюдения; и сравнительный метод.

Так же в структурной геологии широко используется другие методы – историко-геологический, метод фациального анализа (по изучению остатков

растений и животных); геоморфологический метод (изучение форм рельефа); петрографический (изучение строения массивов) и другие.

Выработаны и свои методы – структурно-геометрический, структурно-петрографический, морфотектонический, моделирования и другие.

Структурно-геометрический метод – главный метод в структурной геологии. Он служит для изучения внешнего облика структурных форм. Все формы залегания горных пород представляют собой геометрические фигуры, то можно измерить их параметры –высоту, ширину, длину, углы наклона, мощность слоя и т. д.

Структурно-петрографический метод – изучение внутреннего строения массива магматических и метаморфических пород.

Морфотектонический метод – крупные формы и типы рельефа приурочены к определенным тектоническим структурам. Амплитуды тектонических движений можно определить по речным и морскими террасами.

Моделирования – искусственное воспроизведение отдельных тектонических процессов путем деформации различных пластичных материалов имитирующих слои земной коры. Наблюдая на модели складки, трещины, сбросы, делают вывод о возможных условиях образования подобных структурных форм в природной обстановке. Обычно применяют несколько методов в комплексе.

Принципы классификации структурных форм

По происхождению структурные формы подразделяются на первичные и вторичные.

Первичные формы образовались в результате осадконакопления или магматической деятельности – это слои осадочных пород, магматические тела (штоки, дайки, лавовые потоки, и другие).

Вторичные формы - представляют собой изменившиеся формы под влиянием тектонических движений. К ним относятся различные тектонические нарушения – моноклинали, флексуры, складки, трещины, разрывные смещения и другие. Вторичные формы хорошо видны на осадочных породах и хуже на магматических и метаморфических.

Осадочные породы изучаются стратиграфическим и фациальным методом, а магматические структурно-петрографическим методом.

Основные структурные формы и типы залегания горных пород:

- горизонтальное залегание;
- наклонное залегание;
- складчатые структуры;
- разрывные структуры;
- формы интрузивных тел;
- формы эффузивных тел.

Деформация горных пород

Чтобы изучить складки, сдвиги, разрывы необходимо знать какие силы

их образовали (теория тектогенеза) и типы движения (вертикальные и тангенциальные (касательные)).

Факторы вызывающие деформации земной коры- а) дифференциация вещества земных оболочек; б) изменение теплового потока; в) космические факторы – изменение скорости вращения, изменение магнитных полей земли; - интенсивность и характер деятельности Солнца и Луны и другие.

Деформация горных пород т.е. изменение их первоначальной формы и объема зависит не только от характера тектонических движений но и от физико-механических свойств вещества.

Их физики мы знаем что сила приложенная к телу испытывает противодействие. В теле возникают внутренние силы или силы упругости, которые стремятся уравновесить действие приложенной силы. Это взаимное действие и противодействие отнесенное на единицу площади поперечного сечения называется напряжением. Тело может испытывать всестороннее или одностороннее направление действия сил. Если тело испытывает одностороннее действие силы то говорят что оно находится под нагрузкой. Всякая нормальная сила может быть разложена на два составляющих вектора – один направлен нормально (перпендикулярно) к площадке, другой – тангенциально (в плоскости площадке). Иначе говоря в теле под общим напряжением создается нормальное напряжение и тангенциальное (касательное) напряжение. Известно три основных типа внешних сил- растяжение, сжатие и пара сил.

Сила растяжения – действие сил по одной прямой в разные стороны.

Сила сжатия действие сил по одной прямой навстречу друг другу.

Пара сил состоит из двух сил действующих в разные стороны в одной плоскости, но не вдоль одной линии.

Эти силы проявляются в форме различных нагрузок – растяжение, сжатие, сдвиг, изгиб и кручение.

В зависимости от характера напряжений различают три типа деформаций – упругие, пластичные и разрывные. Упругая деформация – когда форма и объем восстанавливаются после снятия напряжения. Пластическая деформация когда после снятия напряжения тело не восстанавливает прежний объем и форму, изменения происходят без нарушения сплошности материала. Разрывная деформация когда действие силы превышает пределы прочности происходит разрыв материала.

Но в горных породах на деформацию влияет – физико-механические свойства пород, способ деформации, температура, время деформации и другие факторы. Так в хрупких породах упругая деформация не может перейти в пластическую, сразу переходит в разрывную. Например гранит или известняк при ударе молотком – молоток отскакивает или порода разрушается. Но при длительном действии малой скорости, высокой температуре, высокого давления и при всестороннем сжатии тот же гранит ведет себя как пластичное тело, изгибается в складки.

Разные породы ведут себя по разному в одних и тех же условиях. Разрывные нарушения могут происходить путем отрыва или скалывания. При отрыве преобладает нормальное растягивающее напряжение, которое приводит к образованию трещин перпендикулярно главной оси растяжения. При скалывании или срезе действует касательное напряжение, вызываемое сжатием, растяжением или другим видом нагрузки и образуются трещины под углом в 30-45 градусов.

Тема 9.2 Структурная геология

Слоистая структура в земной коре

Осадочные породы залегают в виде слоев в водной среде или в воздушной (дюны, барханы).

Слоем называют относительно однородный первично обособленный осадок, ограниченный поверхностями наложения.

Пласт – тоже самое только этот термин применяется для обозначения слоев содержащих полезные ископаемые, например, каменный уголь, известняки, гематит и т.д. Однородность слоев может быть выражена в составе, окраске, текстуре, присутствии одинаковых включений или окаменелостей.

Слоистостью называют чередование слоев в разрезе. Это проявление неоднородности в толще осадочных пород, которое указывает на изменение условий осадконакопления.

Слоистость – последовательное наложение различных слоев, самое характерное и важное свойство осадочных пород. Слоистость позволяет сопоставлять стратиграфические разрезы, определять направление и амплитуду вертикальных тектонических движений, вести поиски и прослеживать рудные залежи, скопления нефти, воды и др.

Элементы слоя

1. Верхняя поверхность – кровля, наиболее молодая часть слоя.
2. Нижняя поверхность – подошва, наиболее древняя часть слоя.

Кровля и подошва устанавливаются по стратиграфическому признаку.

3. Истинная мощность – расстояние от подошвы до кровли, величина постоянная – $H, м$.
4. Видимая мощность (по склону) – h , величина переменная зависит от среза пласта при выходе на поверхность.
5. Неполная мощность (когда не весь слой обнажается).

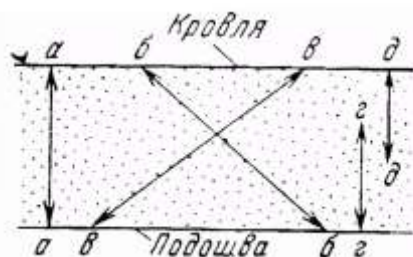


Рис.. Различные виды мощности слоя (пласта) aa - истинная мощность; bb , vv - видимая мощность; zz , dd - неполная мощность

Слой небольшой мощности залегающий внутри или на границе однородного слоя называется пропласток или прослойка.

Постепенное или резкое его уменьшение мощности слоя до его исчезновения называется выклиниванием. Выклинивание может быть первичным, это связано с прекращением осадконакоплением (стратиграфическое или фаціальное выклинивание) и вторичным - результатом размыва ранее отложившихся слоев (денудационное); -тектоническое выклинивание (растяжение или разрыв слоя).

Слой быстро выклинивавшийся во всех направлениях называется линзой

Образование фаціальных зон и слоев при трансгрессии и регрессии.

Существуют два фактора образования слоистости:

1. Смена времен года (сезон, чередование летних и зимних осадков)
2. Колебательные движения земной коры (главная причина)
3. Физико-географическая обстановка
4. Физико-химические процессы

При анализе слоистой толщи важным признаком является порядок напластования и фаціальные соотношения слагающих пород. Существует два основных вида залегания осадочных свит- трансгрессивное и регрессивное.

Трансгрессивное залегание – залегание осадочных пород на размывтой поверхности древних отложений, говорит о наступлении моря на сушу. При этом происходит постепенное перемещение осадочных фаций вслед за морской береговой линией. Разрез залегающих слоев снизу вверх характеризуется закономерной сменой мелководных осадков глубоководными. В основании трансгрессивной толщи залегает конгломерат, который называют базальным слоем. Трансгрессивное залегание чаще всего характеризует контакт между складчатым фундаментом и осадочным чехлом и указывает на перерыв в осадконакоплении. Когда в результате опускания суши море наступает, то пояса фаций начинают передвигаться. Галечник двигаясь за береговой линией откладывается на поверхность бывшей суши, а там где был галечник ложится песок, где был песок – глина и так далее. Значит вместо одного слоя в разрезе будет два и более по мере продвижения береговой полосы.

Регрессивное залегание – указывает на отступление моря. Разрез регрессивно залегающих пород характеризуется закономерным изменением фаций снизу вверх от глубоководных к мелководным. Регрессивно залегающие слои сохраняются хуже, так как при отступании моря на поверхности начинается процесс разрушения осадков.

При поднятии суши происходит все в обратном порядке.

А так как в течение всей геологической истории этот процесс непрерывно повторяется то и образовалась слоистость. Часто наблюдаем сложную

систему слоистости по составу которая отражает последовательную смену трансгрессии и регрессии в условиях осадконакоплений.

Форма слоистости

Последовательно наложение различных слоев образующих оболочку земной коры называется слоистостью. Слоистость отражает промежутки времени ее образования. Поэтому разработана единая стратиграфическая шкала имеющая глобальное и местное подразделение слоистости.

Ряд пластов налегающих один на другой и имеющие один возраст или происхождение называется свитой или толщей. Свита (толща) наиболее выдержанная по площади и имеющая характерные особенности называется горизонтом или маркирующим горизонтом.

Форма слоистости или рисунок слоистости показывает условия накопления. Существует четыре вида слоистости:

1. Параллельная слоистость (горизонтальная) наблюдается, когда поверхность наложения плоски и параллельны друг другу. Она характерна для глубоководных отложений и характеризует неподвижности отложений.

2. Волнистая слоистость наблюдается, когда поверхности волнистые, но параллельны. Она характерна для береговой зоны (приливы, отливы).

3. Линзовидная слоистость характеризуется быстрым изменением мощности. Она характерна для мелководья в движущейся среде когда в спокойную часть водоема происходит привнос грубой фации.

4. Косой слоистостью (слоистость по Н.Б. Вассоевичу) называется слоистость с прямолинейными и криволинейными поверхностями наложения, под различными углами которых внутри слоя располагается мелкая слоистость. Различают а) дельтовую слоистость (диагональная), б) речная слоистость (имеет одинаковый наклон в сторону движения), в) морских отложений или перекрестная (обладает небольшим наклоном), г) клиновидная или эоловая (направлена в разные стороны и отличается изменчивостью мощности).

Косые слойки во всех случаях наклонены в сторону движения среды из которой выпадает осадок.

По мощности слоев разделяют на – массивную слоистость (толща более 50см), -крупную слоистость (от 50 до 10см), среднюю слоистость (от 10 до 2см), - тонкую слоистость (от 2 до 0,2см), микрослоистость или листовидную (менее 0,2см).

Резкость границ между слоями указывает на продолжительность перерывов и степень изменения обстановки – условий осадконакопления. Галечники и конгломераты указывают на перерыв в осадконакоплении. Причем плоские гальки ориентированы в сторону противоположную току воды или вдоль линии прибоя. В полевых условиях производят массовый замер ориентирования направления расположения гальки.

Характер сочетания слоев в осадочной толще характеризуется ритмом-повторением наложения. Изменение ритма в осадконакоплении свидетельствует о тектонических движениях.

Строение поверхностей наслоения

Особенности строения поверхности наслоения помогают выяснить происхождение и условия залегания осадочных толщ. На поверхности наслоения можно видеть элементы микрорельефа:

1. Ископаемые знаки ряби (по условиям образования):

- а) ветровая рябь
- б) рябь течения
- в) волновая рябь

2. Первичные трещины – трещины, сохранившиеся на поверхности слоев, имеют различное происхождение: трещины высыхания, подводные и мерзлотные трещины; заполнены инородным материалом, образующим на поверхности наслоения валики и рубцы. Трещины развиваются в глинистом материале и заполняются более грубым материалом.

3. Следы движения организмов (следы ползания крабов, червей и т.д.).

4. Флишевые иероглифы (гиероглифы) – следы ползания илоедов, оплывины и борозды размыва; они развиваются на еще не затвердевшей поверхности илистого осадка. При накоплении следующего слоя образовавшиеся неровности отпечатываются на его нижней поверхности. Это негативные отечатки – иероглифы. **Флиш** – ритмичное чередование пород в вертикальном разрезе. Ритм состоит из нескольких разновидностей слоев – элементов. Каждый ритм в кровле и подошве отделяется поверхностью явного или скрытого размыва. Снизу вверх состав элементов ритма меняется от грубообломочного к мелкообломочному и завершается карбонатными породами.

Структуры согласного и несогласного залегания горных пород

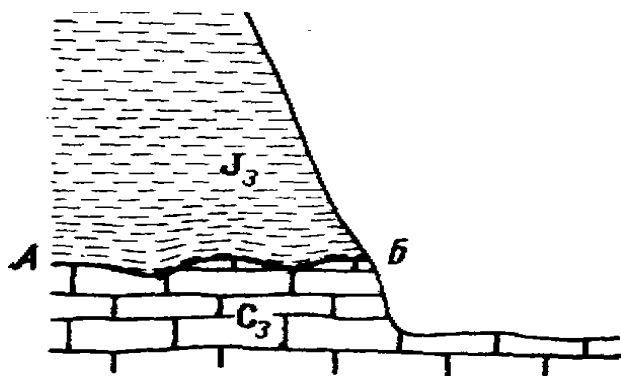
Соотношение между отдельными слоями и свитами указывает на время и характер тектонических движений, т.е. о геологической истории данного участка земной коры.

Существует два типа соотношений слоев: **согласное и несогласное**.

Согласное - характеризуется непрерывностью в осадконакоплении, без пропусков в геохронологической шкале. Слои обычно параллельны друг другу - нормальное залегание, или когда сжаты в складки и лежат наклонно – нарушенное залегание, но стратиграфическая последовательность при этом сохраняется. Встречается так же не параллельное согласное залегание и ложное несогласие, которое обусловлено особенностями накопления осадка. Такое залегание свидетельствует о подводном размыве в период непрекращающегося осадконакопления или о смещении пластов в результате подводных оползней.

Несогласное залегание или несогласие – выражает перерыв в осадконакоплении. Любое несогласие является стратиграфическим т.к. представляет пробел в нормальной стратиграфической колонке осадочных пород. Это связано с тектоническими движениями земной коры и перемещением береговой линии. Типы несогласий по величине угла несогласия - параллельные и угловые.

Параллельные – когда нет разницы в углах залегания. Параллельное несогласие выражается стратиграфическим перерывом между сериями слоев, залегающими выше и ниже поверхности несогласия параллельно друг другу. Параллельные несогласия бывают **явные** (открытые) и **скрытые** (в этом случае поверхность несогласия не видна, а о его наличии можно догадываться по таким признакам как, резкая разница в возрасте пород подстилающих и налегающих; наличие базального конгломерата; горизонт коры выветривания; переход морских отложений в континентальные погребенные почвы). Скрытое несогласие определяется палеонтологическим методом.



Угловое структурное несогласие – это когда соприкасающиеся комплексы залегают под углом друг к другу в результате перерыва в осадконакоплении. Контакт между покрывающей толщей и подстилающей толщей выражен резко. Часто на поверхности размыва прослеживается базальный слой конгломератов.

Угловое несогласие угол которого менее 1 градуса называют географическим несогласием, и может быть установлено только при изучении обширных территорий (породы более молодого возраста перекрывают более древние).

По площади распространения выделяются **региональные** и **местные** несогласия. Местные несогласия прослеживаются на небольшой площади. Региональные несогласия прослеживаются на огромной территории. Например фундамент и осадочный чехол Русской платформы имеют региональное несогласие по всей площади.

Несогласие возникающее при отложении верхней горизонтальной серии на резко расчлененный с крутыми склонами рельеф нижней серии называется прилеганием или прислонением. Оно бывает параллельным и угловым. Несогласия тесно связаны со складкообразованием.

Прослеживание несогласий и изображение их на картах и разрезах.

Чаще всего к несогласиям приурочены месторождения полезных ископаемых – нефть, газ, железные руды, бокситы. Несогласия могут быть обнаружены прямым путем в поле или при бурении и геофизических работах. Несогласия всегда выявляются при геологической съемке района и анализе

геологической карты.

Пересечение поверхности несогласия дневной поверхностью на местности дает линию несогласия. Изображается на карте в виде сплошной кривой с точечным пунктиром в сторону молодого несогласно залегающего пласта, показывается направление падения пластов стрелками. На мелкомасштабных картах точечный пунктир не ставят. При угловом несогласии линия несогласия всегда пересекает одну из находящихся в контакте толщ осадков. На карте угловое несогласие можно установить независимо от того обозначен возраст или нет.

При параллельном несогласии граница несогласия идет параллельно границам пластов и элементам залегания свит. Поэтому перерывы обнаруживаются только по возрасту пород

Горизонтальное залегание слоев

Горизонтальным залеганием горных пород называют такое залегание когда поверхность напластования слоев в целом совпадает с горизонтальной плоскостью.

Идеально горизонтальных слоев нет. Практически горизонтальность слоев в 1-2 градуса в полевых условиях установить невозможно. Такие углы устанавливаются на большой территории инструментально по отметкам подошвы или кровли пласта или маркирующего горизонта. При горизонтальном залегании слоев абсолютные высоты границ между слоями приблизительно одинаковы.

Горизонтальное залегание характерно для молодых (четвертичных) отложений или древних пород отлагавшихся в платформенных условиях.

Толщи осадочных пород с горизонтальным или небольшим наклоном (менее 1°) широко развиты в чехлах Восточно-Европейской и Восточно-Сибирской древних платформ и других областях.

Изображение горизонтально залегающих слоев на карте.

На крупномасштабной геологической карте с горизонталями рельефа границы пластов проходят почти параллельно горизонталям рельефа. На крутых склонах и обнажениях границы условно показываются внемасштабным знаком полосками шириной менее 1мм, иначе границы пластов сливаются в сплошную линию.

На картах без горизонталей рельефа о залегании пластов можно судить по сопряженности геологических границ с очертаниями основных форм рельефа. При расчлененном рельефе слои имеют вид параллельных полос, которые концентрически охватывают возвышенности. В оврагах и долинах рек границы вытянуты вдоль склонов. Молодые слои залегают на возвышенностях. Древние приурочены к берегам рек, причем чем ниже по течению, тем более древнее породы.

При слабом расчленении рельефа горизонтально залегающие слои отображаются в виде сплошного поля или несколько широких полос.

Геологический разрез с горизонтально залегающими слоями строят руководствуясь методикой которую мы с вами изучили. Сначала отрисовывают топографический профиль, затем на него наносят геологические данные. Здесь должна быть точность построения профиля.

Только на детальной или крупномасштабной карте можно получить горизонтальное залегание слоев, в других случаях границы окажутся наклонными.

При изучении данных буровых скважин горизонтальное залегание слоев определяется по совпадению высот выбранной границы между слоями не менее чем в трех вертикальных скважинах

Измерение мощности горизонтального слоя

В поле истинная мощность горизонтального слоя устанавливается с помощью вертикальных выработок (шурф, расчистка, скважина) и определяют прямым измерением, либо с в обнажениях тогда ее определяют по видимой мощности.

Истинная мощность (H) при горизонтальном залегании определяется как разница между отметками кровли и подошвы слоя. $H = 175 - 153 = 22 \text{ м}$

При расчлененном рельефе истинная мощность вычисляется по данным измерений **видимой мощности (h)** и **угла наклона поверхности рельефа (α)**.

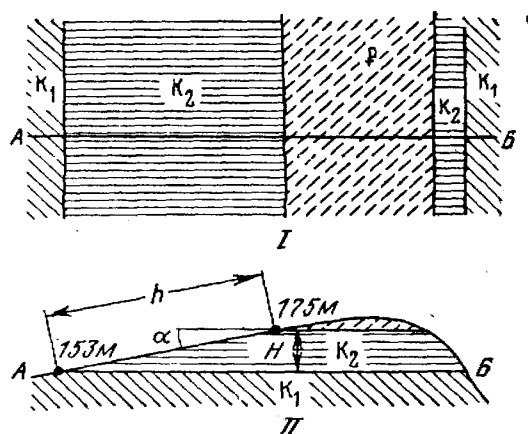


Рис. Определение истинной мощности слоя при горизонтальном залегании

$$H = h * \sin \alpha$$

Ширина выхода слоев на поверхность (видимая мощность) зависит от мощности слоя и рельефа.

Для определения мощности слоя применяются геофизические исследования – электрическое зондирование, ВЭЗ и сейсморазведка. Разные породы обладают разной электропроводностью, что дает возможность установить мощность различных слоев.

Наклонное залегание слоев

Наклонное залегание слоев свидетельствует о нарушении залегания слое. Нарушение или дислокация – называется всякое отклонен слоев горных

пород от их первоначального положения. Нарушения вызываются тектоническими движениями и называются тектоническими нарушениями. В природе встречаются ледниковые нарушения – связанные с действием ледника, провальные нарушения – с карстами, оползневые нарушения – с оползнем. Наклонное залегание наиболее часто встречающаяся форма дислокации.

При устойчивости пластов говорят о моноклинальном залегании, т.е. наклоне пластов в одну сторону под постоянным углом.

Наклонные слои могут иметь очень крутое падение, залегать вертикально и перейдя эту грань получить обратный наклон, т.е. опрокинуться. Опрокинутым залеганием называется залегание когда слои лежат в обратном порядке, т.е. древний над молодыми.

При наклонном залегании для определения положения поверхностей наслоения в пространстве пользуются следующими элементами залегания: **линия простираения, линия падения и угол падения ($\angle$ пад.).**

Под элементами залегания наклонного пласта подразумевают положение его в пространстве относительно сторон света и горизонтальной плоскости.

Линия простираения – линия пересечения поверхности слоя с горизонтальной плоскостью или любая горизонтальная линия на поверхности слоя.

Линия падения – вектор, линия перпендикулярная линии простираения, лежащая на поверхности слоя и направленная в сторону его наклона.

Угол падения (α) – угол между линией падения и ее проекцией на горизонтальную плоскость. Угол падения не может быть больше 90 градусов.

Измерение элементов залегания наклонного слоя горным компасом

Измерение элементов залегания наклонного пласта производят с помощью горного компаса в обнажениях. Такой метод называется прямой.

Горный компас простейший измерительный прибор применяемый для измерения элементов залегания слоев, ориентировки на местности, привязки обнажений при глазомерной съемке. Горный компас отличается от обычного тем, что у него **В** находится слева, а **З** – справа. Это связано с методикой замера.

Горный компас состоит из круглой коробки укрепленной на прямоугольной пластине. Внутри корпуса помещен лимб-круг, разделенный на 360 градусов. Отсчеты сделаны в порядке обратной часовой стрелки для удобства отсчета азимута. В центре лимба расположено огибающее острие на котором размещается стрелка. Ее северный конец покрыт синей или черной краской, южный светлой или красной. Магнитная стрелка может приподниматься с острия и прижиматься к стеклу корпуса специальным рычажком и фиксироваться винтом. Для определения вертикальных углов имеется отвес – клинометр и шкала внутри лимба с делением от 0 до 90 градусов. Нулевой градус клинометра совпадает с обозначением на лимбе 90 градусов или указывает на восток. Отвес свободно колеблется только при

вертикальном положении компаса. При определении вертикальных углов клинометром стрелка компаса должна быть закреплена.

Для определения азимута любого направления север лимба направляют на предметы берут отсчет по северному концу магнитной стрелки, при этом получаю не истинный а магнитный азимут. Магнитный и географический полюса находятся в различных точках.

При пересчете в истинный азимут необходимо равку на магнитное склонение. Магнитное склонение есть угол между истинным (геолографическим) и магнитным меридианом. Для каждого района свое склонение, которое указывается в нижней части карт. В случае восточного склонения к отсчету надо добавить магнитное склонение, в случае западного склонения от отсчета по лимбу необходимо вычесть эту величину. На территории СНГ магнитное склонение равно $0-30^0$

Положение пласта в пространстве измеряется в градусах при помощи горного компаса. Простираие и падение определяется азимутами. Азимут отсчитывается по часовой стрелке и изменяется от 0 до 360 градусов.

Для определения азимута простираия сначала находят линию простираия по пузырьку на компасе и прочерчивают эту линию. Затем, компас прикладывают длинной стороной к линии простираия. Азимут простираия называется горизонтальный угол между северным направлением географического меридиана и линией простираия. Азимут простираия имеет два противоположных направления, отсчет берется по часовой стрелке от северного направления географического меридиана до искомого направления. Отсчет берется в северных румбах.

Азимут падения называется угол между северным направлением географического меридиана и проекцией линии падения на горизонтальную плоскость. Чтобы измерить азимут падения слоя компас короткой стороной прикладывают к линии простираия так чтобы северный конец был направлен в сторону падения слоя и берут отсчет по северному концу стрелки.

Чтобы замерить $\angle$ пад., горный компас прикладывают длинной стороной к линии падения и, держа его в вертикальном положении, берут отсчет по отвесу. Точность отсчетов горным компасом $\approx 2-3^0$.

Чтобы избежать ошибок кроме цифр азимута ставят начальные буквы стороны света. Значение градусов не ставят. Аз. Пад. С-В; $\angle 25$.

Измерение элементов залегания наклонного слоя косвенным методом.

Если элементы залегания нельзя измерить непосредственно их определяют косвенным путем - путем графических построений.

Первый метод – определение по трем точкам лежащим не на одной прямой. Этот метод применяется в следующих случаях:

1- когда пласт зафиксирован на местности в трех обнажениях, но замерить элементы залегания невозможно при неполной обнаженности;

2 – когда наклонный пласт не выходит на поверхность, но зафиксирован тремя скважинами на разных глубинах;

3- когда пласт зафиксирован в обнажении и буровыми скважинами.

Зависимость между истинным и видимыми углами можно определять и по формулам, но удобнее пользоваться специальной таблицей. Разрез по линии, построенный вкрест простирания, отображает истинный угол падения.

Второй метод - определение элементов пласта по двум смежным стенкам шурфа.

Зависимость видимой мощности слоя в обнажении и ширины его на карте от угла падения и формы рельефа. Определение мощности наклонного слоя.

Истинная ширина наклонного слоя на карте и в обнажении зависит от :

1 – угла наклона слоя;

2 – формы земной поверхности(характер рельефа);

3 – направления падения слоя.

Истинная мощность соответствует видимой мощности при вертикальном залегании слоя и горизонтальной поверхности рельефа или поверхность земли и плоскость падения слоя составляют прямой угол.

Истинную мощность определяют по следующим формулам.

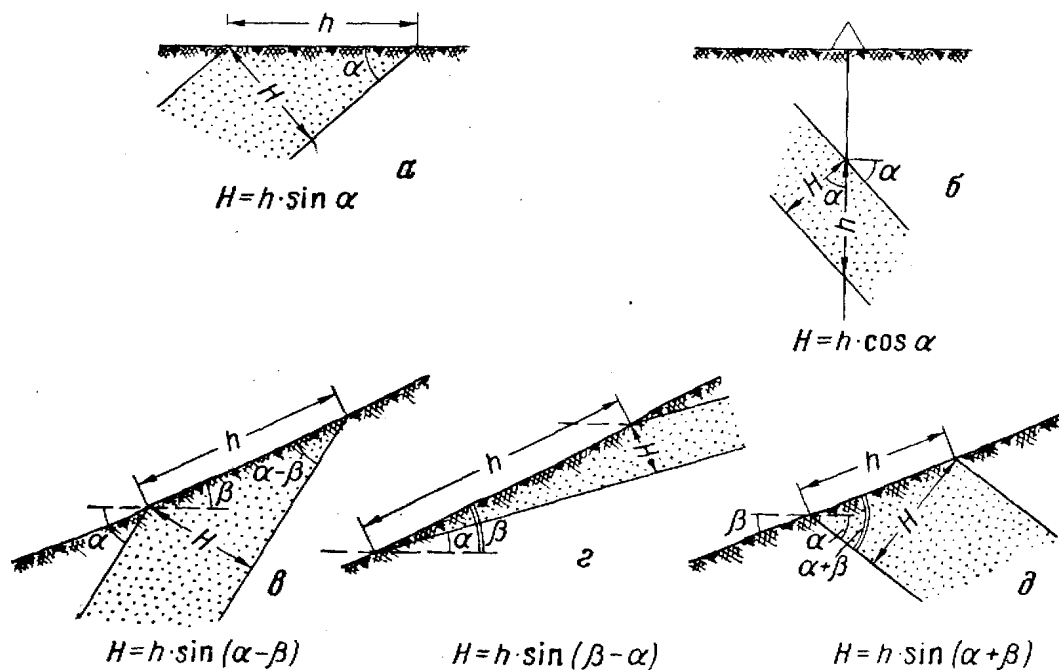


Рис. . Различные случаи определения истинной мощности наклонно залегающих слоев в сечениях, перпендикулярных простиранию слоя

а - при горизонтальной поверхности рельефа, *б* - по керну буровой скважины, *в* - при наклонной поверхности рельефа (слой падает в сторону наклона поверхности рельефа, положе рельефа), *г* - то же, но слой падает в сторону наклона рельефа, положе рельефа; *д* - то же, слой падает в сторону, противоположную относительно наклона поверхности рельефа.

H - истинная мощность; *h* - видимая мощность; α - угол падения слоя; β - угол наклона рельефа

Прослеживание выхода моноклинально залегающего слоя на поверхности.

При наклонном залегании видимая мощность слоя или ширина его выхода на поверхность зависит от мощности слоя, угла наклона и формы рельефа. Чем больше истинная мощность слоя, тем шире его выход на поверхность.

С увеличением угла падения ширина выхода слоя на поверхность уменьшается и при вертикальном залегании слоя его проекция на горизонтальную плоскость независимо от строения рельефа соответствует истинной мощности.

Ширина выхода слоя на поверхности зависит от формы рельефа. Она увеличивается при совпадении направления наклона слоя и наклона рельефа, уменьшается при падении слоя в сторону обратную направлению наклона рельефа. При крутом рельефе и падении слоя в сторону обратную падению рельефа, проекция слоя на горизонтальную плоскость может оказаться меньше истинной мощности.

Одна из задач геологической съемки проследить выходы пластов на поверхность. Часто пласты перекрыты рыхлым материалом, а на карте показывают выход коренных пород без покровных отложений. Чтобы построить выход пластов необходимо иметь топооснову с горизонталями рельефа на которую нанесено хотя бы одно обнажение с элементами пласта и его мощность.

Горизонтали поверхности пласта проводятся через те же интервалы высот, что и горизонтали рельефа.

Для изображения наклонно залегающего слоя или его кровли, или подошвы на карте пользуются **заложением**. **Заложением** называется проекция отрезка линии падения слоя на горизонтальную плоскость, заключенного между двумя линиями простираения, проведенными по подошве или кровле слоя.

Строится вертикальный разрез в масштабе карты по направлению линии падения слоя. Углы наклона слоя α на таком разрезе будут соответствовать истинному углу падения. Линия, изображающая слой на чертеже может быть кровля или подошва слоя, а при незначительной мощности изображать его мощность. Расстояние между горизонтальными плоскостями рассекающими слой удобнее брать соответствующим сечению рельефа взятому в масштабе карты. Линии пересечения горизонтальных плоскостей с поверхностью слоя будут являться линиями его простираения. Проектируя отрезки пласта заключенные между линиями простираения на горизонтальную плоскость получим отрезок **а**, который и будет величиной заложения при данном угле наклона слоя (α).

Величина заложения зависит от угла падения и от сечения горизонталей.

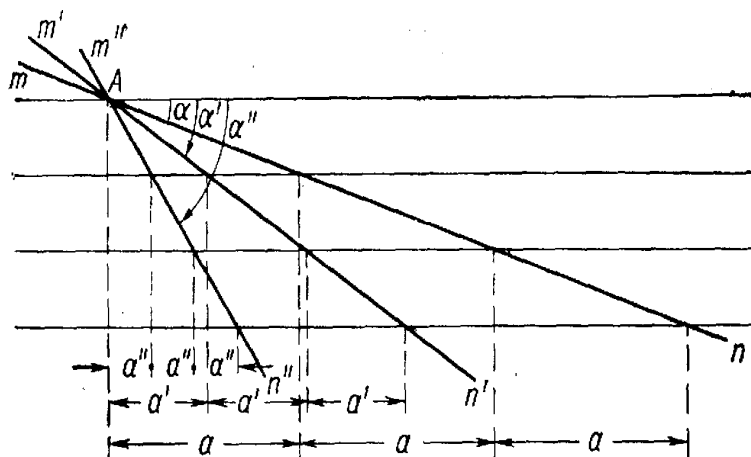


Рис 39 Величина заложения в зависимости от угла падения слоя. Изменение величины заложения в зависимости от угла падения слоя mn , $m'n'$, $m''n''$ - кровля или подошва пласта; α , α' , α'' соответствующие углы падения; a , a' , a'' величина заложения.

Из рисунка видно, что чем более полого падает слой, тем больше при равных условиях величина заложения. С увеличением угла падения слоя величина заложения уменьшается.

С расстоянием между горизонтальными поверхностями, пересекающими слой, величина заложения связана прямо пропорционально: чем больше расстояние между плоскостями, тем больше величина заложения и наоборот.

Чем крупнее масштаб карты, тем больше величина заложения. Величина заложения не зависит от формы рельефа.

Определение элементов залегания по выходу пласта на поверхность с помощью заложения.

Для этого находим на карте две точки пересечения линии выхода пласта на поверхность с одной и той же горизонталью. Найденные точки соединяем прямой линией, которая является линией простирания пласта. Высота линии простирания равна отметке горизонтали. Далее находим следующие две точки пересечения линии выхода пласта со следующими горизонталями, соединяем их прямой линией и определяем ее высоту. Затем к линии простирания строится линия падения, которая будет направлена в сторону линии простирания с меньшей отметкой. Построив линии простирания и падения с помощью транспортира, замеряем их азимуты. Угол падения определяем с дополнительным построением. Проводим две параллельные линии с расстоянием соответствующим сечению рельефа в масштабе карты. На карте две линии простирания соединяем перпендикуляром. Величина этого отрезка является заложением и переносится на верхнюю параллельную линию. Затем точка лежащая на верхней линии простирания с высокой отметкой проектируется на нижнюю линию. Полученную точку соединяем с начальной точкой и с помощью транспортира находим угол падения. Определение в нескольких точках дает выявить изменения в азимутах и углах падения.

Признаки наклонного залегания слоя на геологической карте.

Элементы залегания слоев на геологических картах изображаются с помощью условных значков. Положение длинной стороны значка соответствует положению линии простираения слоя. Примыкающий к этой линии бергштрих указывает направление падения слоя, а стоящая рядом цифра показывает величину угла падения слоя.

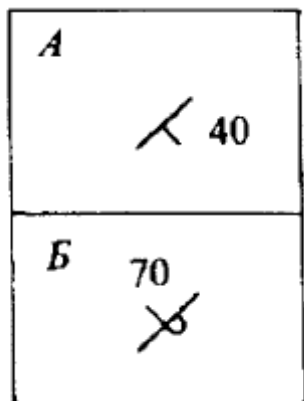


Рис. Условные обозначения, с помощью которых на геологических картах показывают элементы залегания слоев (угол наклона, направление азимутов простираения и падения):

А — нормальное залегание слоя; *Б* — опрокинутое залегание слоя

По величине угла наклона слоев выделяют залегания:

- слабонаклонное (2° - 20°);
- крутопадающее (20° - 80°);
- вертикальное (80° - 90°).

Как частный случай наклонного залегания слоев выделяется *моноклинальное* залегание, когда слой на всем протяжении имеет постоянный угол наклона; часто это слабонаклонное залегание. Моноклинальное слабонаклонное залегание характерно для участков сочленения молодых складчатых поясов и платформ.

Наклонное залегание четко определяется в обнажениях как визуально, так и по показаниям компаса. Хорошо видно наклонное залегание и на геологических разрезах, сопровождающих карты. На самих же геологических картах оно определяется по характеру «узора»: карта имеет полосовой рисунок; каждой полосе соответствует выход слоя определенного возраста. Впоследствии этот слой дальше на площади не встречается, он уходит на глубину.

Как видно на карте, границы слоев имеют не прямые линии, а изогнутые, причем изгибы слоев происходят в речных долинах и на водоразделах. Если соединить их линией, то можно получить треугольник, который получил название *пластового*. Вершина такого треугольника показывает направление падения или восстания слоя.

Правило пластовых треугольников: «Пластовый треугольник в долине указывает направление падения пласта, а на водоразделе — направление восстания.

Величина угла, указывающая на направление падения в пластовых треугольниках может быть разной. Она зависит от наклона слоев и от формы рельефа. При вертикальном падении выход слоя на поверхность будет иметь вид прямой линии. При крутом залегании угол окажется тупым, с уменьшением наклона слоя угол превращается в острый. При одинаковом наклоне слоя выход при крутом рельефе имеет более острый угол, чем на пологом.

Складчатое залегание горных пород

Флексура и складка и их элементы

Тектонические нарушения принято делить на две большие группы – пликативные дислокации без разрыва сплошности и дизъюктивные дислокации с разрывом сплошности.

Пликативные дислокации являются результатом изгиба слоев и пластического течения вещества в слоистых толщах. Основными формами пликативных дислокаций является – флексура и складка.

Флексура – это коленчатые изгибы пластов образующиеся на фоне горизонтального или моноклиналичного залегания. В флексуре в вертикальном разрезе выделяются следующие элементы (рис.):

- 1) **верхнее или поднятое крыло (АБ)**
- 2) **нижнее или опущенное крыло (ВГ)**
- 3) **смыкающее крыло (БВ)**
- 4) **угол наклона смыкающего крыла**
- 5) **амплитуда смещения крыла (а).**

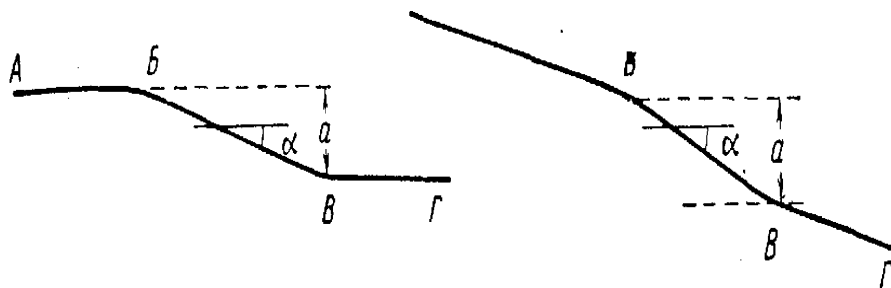


Рис. Схема строения флексуры

АБ - верхнее или приподнятое крыло; *ВГ* - нижнее или опущенное крыло; *БВ* - смыкающее крыло; α - угол наклона смыкающего крыла; *а* - вертикальная амплитуда смыкающего крыла

Складками называют волнообразные изгибы в слоистых толщах осадочных, вулканогенных и метаморфических пород, образующиеся при пластических деформациях. **Совокупность складок составляет складчатость.** Складки могут возникнуть и в процессе образования пород (структура облекания) или при движении застывающих лав.

Складки и породы, смятые в складки, имеют различные возрасты и широко распространены там, где распространены горизонтальные или наклонно

залегающие толщи, их ложем или фундаментом являются породы, смятые в складки.

Складчатость является результатом пластических деформаций горных пород и развивается только в слоистых толщах.

Пластические деформации, вызывающие изгибы слоев складки, отражают напряжение в земной коре, обусловленные, главным образом, **эндогенными процессами**, важнейшими среди которых являются **тектонические движения**.

Складка не бесконечна и всегда где-то переходит в другую складку или сливается с толщей недислоцированных пород.

Выделяют две основные разновидности складок:

1. **Антиклинальные** – изгиб, в центральной части которого находятся более древние горные породы (рис. , а)

2. **Синклинальные** – изгиб, в центральной части которого находятся более молодые горные породы (рис. , б).

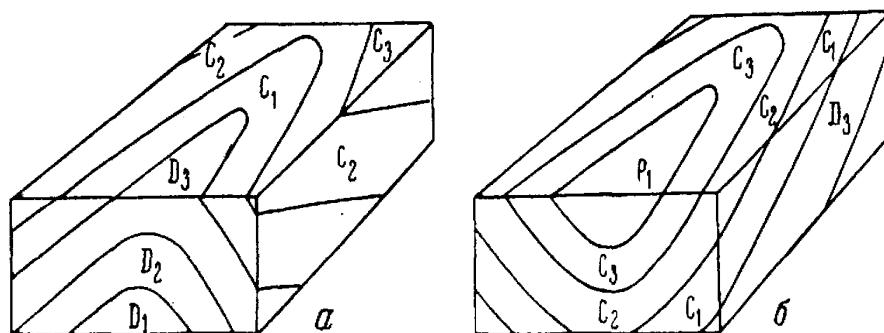
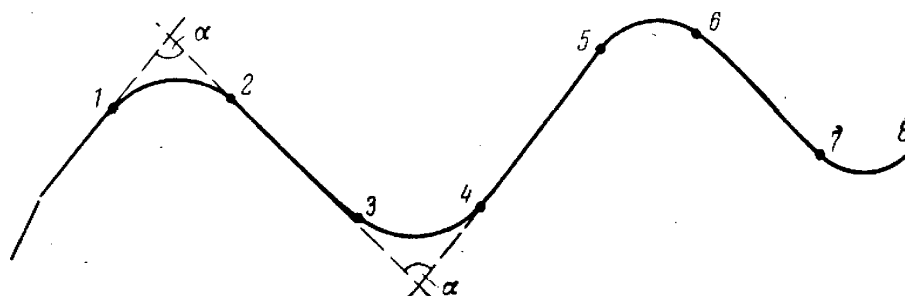


Рис. . Антиклинальная (а) и синклинальная (б) складки

В каждой складке различают следующие элементы:



1. **Замок или свод** – место перегиба слоев (1-2, 3-4, 5-6, 7-8).

2. **Крылья складки** – часть примыкающая к своду (замку), (2-3, 4-5, 6-7).

3. **Угол складки** – угол между продолжением крыльев (α).

4.Осевая поверхность – поверхность, проходящая через точки перегиба слоев.

5.Осевая линия или ось складки – линия пересечения осевой поверхности с поверхностью рельефа. Осевая линия характеризует ориентировку складки в плане. Её положение определяется азимутальным простиранием. На карте осевая линия определяется соединением точек перегиба слоев.

6.Шарнир складки – линия пересечения осевой поверхности с поверхностью одного из слоев (кровли или подошвы). ***Шарнир погружается в сторону более молодых пород.*** Шарниров может быть несколько, сколько слоев в складке и обрисовывает контур складки в продольном разрезе.

7. Ядро – внутренняя часть складки. Понятие условное и зависит от глубины эрозионного среза.

8. Замыкания – окончание складки в местах погружения шарнира в антиклиналях и воздымания его в синклиналях.

7.Длина складки – расстояние вдоль осевой линии между смежными перегибами шарнира по одному стратиграфическому горизонту складки.

8.Ширина складки (горизонтальный размах) – расстояние между осевыми линиями двух соседних антиклиналей или синклиналей в геосинклинальном комплексе. При одиночной складки – наибольшее расстояние поперек оси между точками перехода от крыльев к смежным нескладчатых участкам.

9.Высота складки (вертикальный размах) – расстояние по вертикали между замком складки и замком смежной, измеренной по одному и тому же слою (кровли или подошве).

Размеры складок величины непостоянные и зависят от глубины эрозионного среза. А отношение между длиной и шириной является величиной постоянной и учитывается при классификации складок.

Классификация складок

Складки делятся на антиклинальные и синклинальные. Синклинальные складки в ядрах имеют молодые породы, антиклинальные складки в ядрах имеют древние породы. Синклинальные складки вогнуты вовнутрь, антиклинальные – выпуклостью вверх. В перевернутых складках все будет наблюдаться наоборот.

В геосинклинальных областях синклиналь и антиклиналь сопряжены рядом и переходят друг в друга.

По морфологическому признаку складки делятся:

1 – по наклону осевой поверхности к горизонту на симметричные с одинаковым наклоном крыльев (стоячие и прямые) и ассиметричные с наклонной или горизонтальной осевой поверхностью и различными углами наклона крыльев (косые наклонные, опрокинутые, перевернутые и другие).

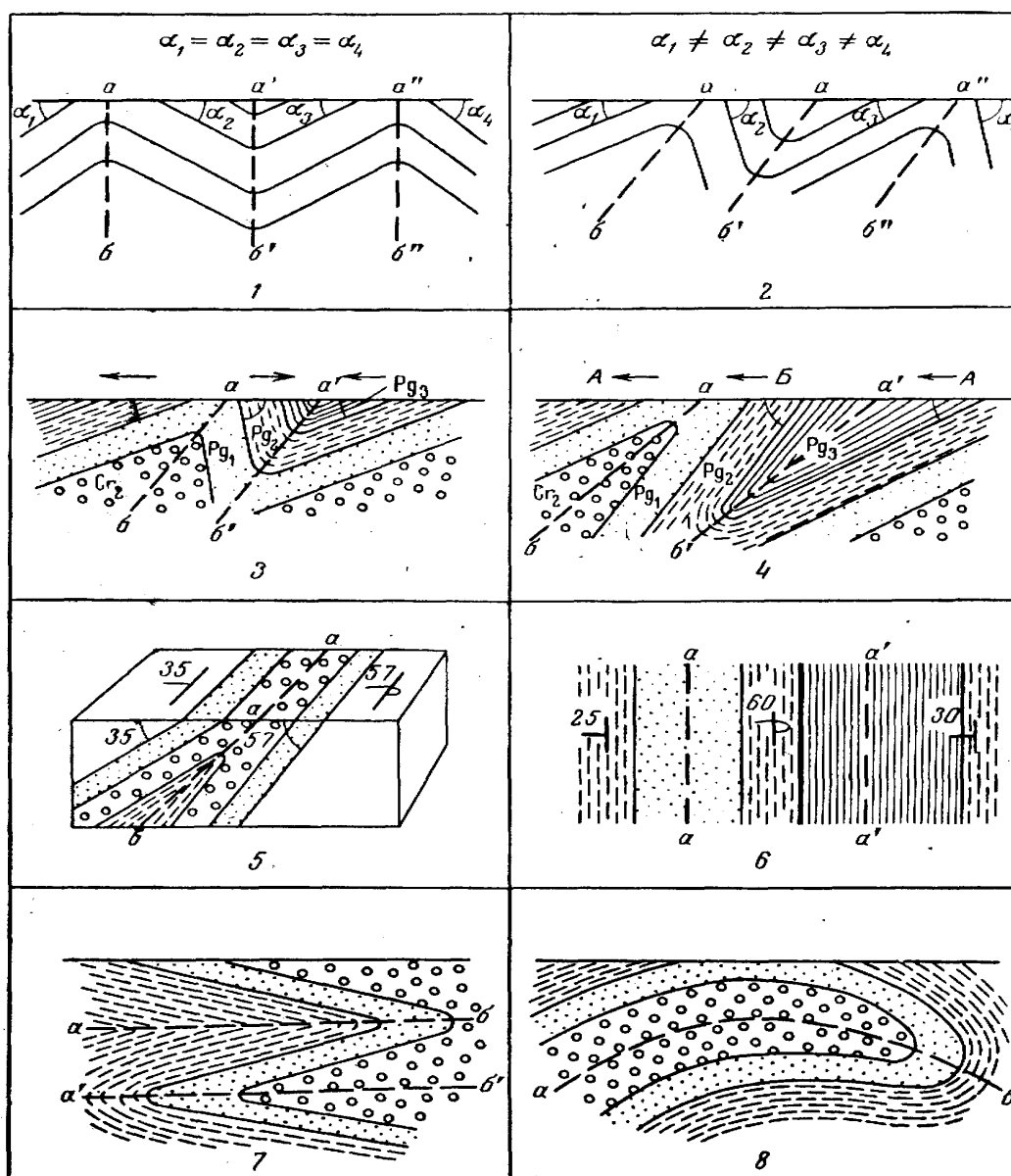


Рис. . Деление складок по положению осевой поверхности

Складки: 1 - симметричные, 2 - асимметричные, 3 - наклонные, 4 - опрокинутые - в вертикальном разрезе, 5 - опрокинутые - на блок-диаграмме *в* - опрокинутые - в плане, 7 - лежащие, 8 - ныряющие (изображены разрезы); *aa, a'a'* - осевые линии складок; *ab, a'b', a''b''* - осевые поверхности складок

2 – по расположению крыльев:

- **обычные или нормальные** – падение крыльев в разные стороны (рис. , а)

- **изоклинальные** – при вертикальном расположении крыльев:

а. **Прямые** (рис. , б)

б. **Опрокинутые** (рис. , в)

в. **Веерообразные** (рис. , г)

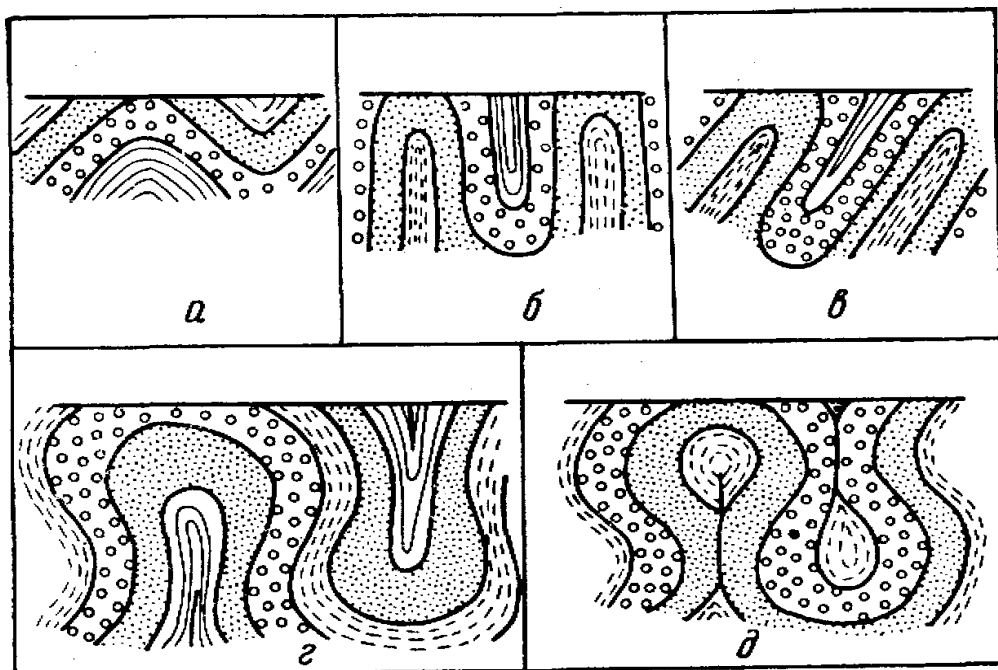


Рис. Деление складок по соотношению между крыльями
Складки; а - простые, б - изоклиальные прямые, в - изоклиальные опрокинутые, г - веерообразные, д - веерообразные с пережатым ядром (изображены разрезы)

3 – по форме замка:

- острые складки с углом складки $< 90^\circ$ (рис. ,1)
- тупые складки с углом складки $> 90^\circ$ (рис. ,2)
- сундучные (коробчатые) складки. (рис. ,3)

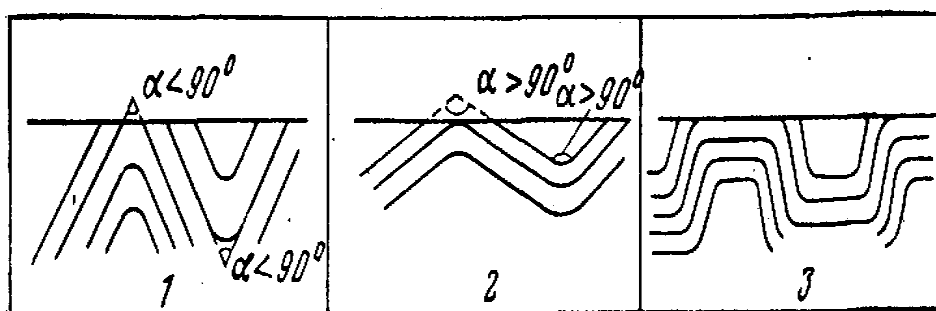


Рис. Деление складок по форме замка (изображены разрезы)
Складки: 1 — крутые: 2 — пологие; 3 — коробчатые (сундучные)

4- по соотношению мощностей слоев на крыльях и в сводах складок:

- **подобные** – мощность крыльев больше мощности свода, форма замка с глубиной не меняется;
- **концентрические** – мощность крыльев совпадает с мощностью свода;

- **антиклинальные** – мощность свода больше мощности на крыльях, с глубиной увеличивается угол падения;
- **синклинальные** – увеличивается мощность свода (замка).

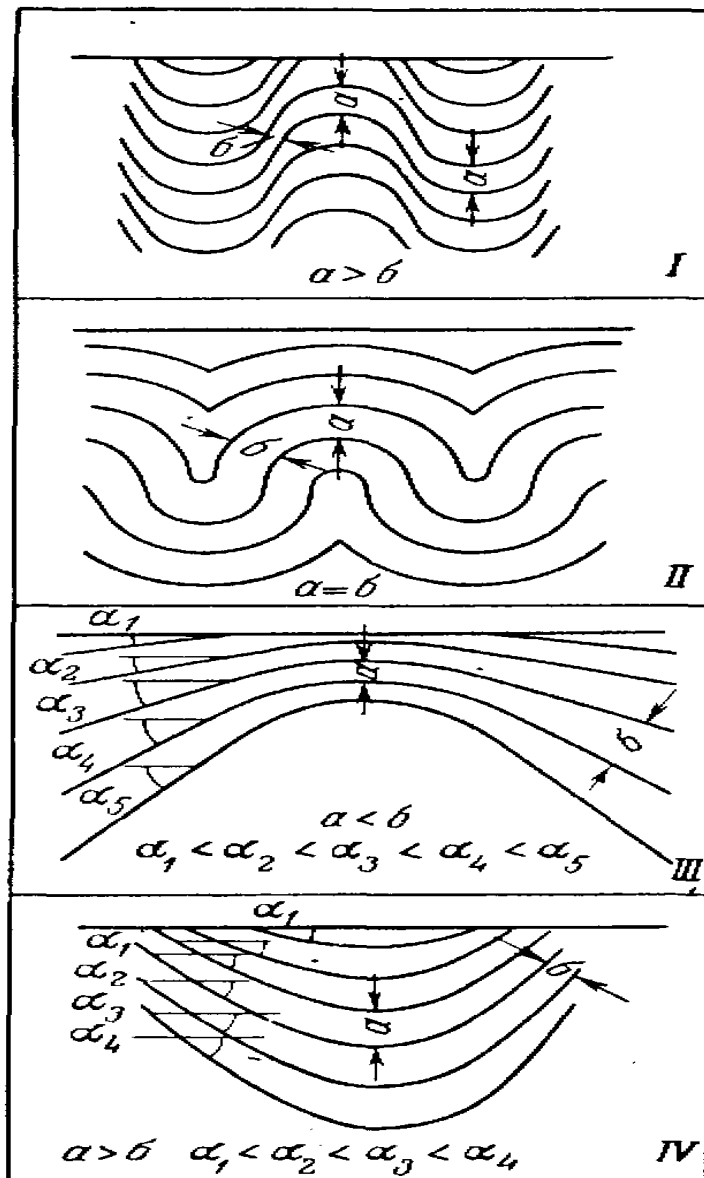


Рис. Деление складок по соотношению мощностей на сводах и на крыльях (изображены разрезы). Складки: I - подобные, II - концентрические, III - с утоняющимися слоями в своде, IV - с повышенными мощностями пород в замках

5-по отношению длинной оси складки к её короткой оси:

- 1) **линейные** – отношение длинной оси к короткой больше 3
- 2) **брахиоморфные** - отношение длинной оси к короткой меньше 3
- 3) **куполовидные** - отношение длинной оси к короткой приблизительно одинаково. Среди синклинальных складок это называется **чашевидными складками** или **мульдами**, среди антиклинальных - **куполами**.

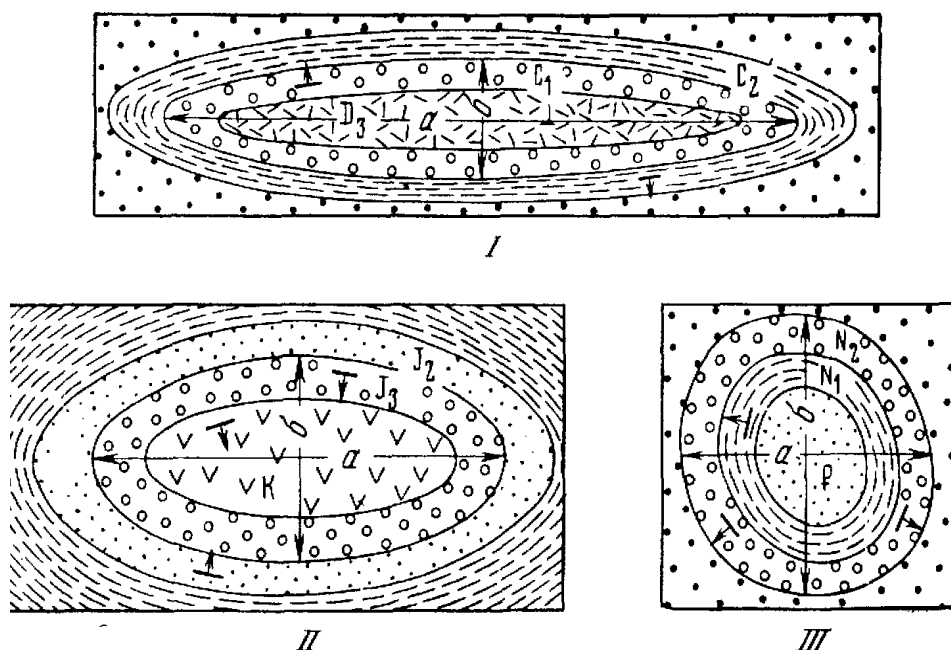


Рис. Деление складок в плане. Складки: I - линейные ($\frac{a}{b} > 3$),

II - брахиформные ($\frac{a}{b} < 3$), III - куполовидные ($\frac{a}{b} \cong 1$)

6-по расположению складок в плане:

- цепочковидные;
- взаимнопараллельные (параллельное расположение осей);
- кулисообразные складки располагаются под острым углом к прости-
ранию всей складчатой зоны;
- виргация –расхождение складок в одну или две стороны от общего
центра.

В поперечном сечении складчатые структуры могут состоять из скла-
док 2 порядка собранных в антиклинорий или синклинорий.

Механизм образования складок

Все рассмотренные выше складки можно назвать простыми складками, они не осложнены дополнительными изгибами, имеют одинаковую степень пластичности. В природе часто распространены сложные складки, возникающие в слоистых толщах с неодинаковой плотностью пород. Сложная складка представляет собой складку простого сложения осложненную мелкими складками развивающимися в разных ее частях и называется дисгармоничной. Дополнительные складки образуются в пластичных слоях большой складки. Изгибы мелких складок не согласуются с изгибом основной складки.

Процесс возникновения и развития складок в земной коре весьма сло-
жен и разнообразен. В настоящее время выяснены не все стороны этого про-
цесса, но некоторые закономерности уже выявлены:

1. Складки образуются путем бокового сжатия и вертикального движения действующего в земной коре. Боковое сжатие является широко распространенным процессом и проявляется при формировании складок в геосинклинальных областях. Вертикальные движения формируют меньшее количество складок и формируют складчатые структуры платформенного чехла.

2. Действие бокового сжатия. Складкообразование характеризуется пластическим течением вещества, который перемещается из одних участков толщ в другие. Деформации зависят от характера сочетаний переслаивающихся пород с различными свойствами. Так если пластичные слои переслаиваются с жестким, то может происходить отток пластичного материала в слои, где меньше сжатие. Эти слои утоньшаются когда другие утолщаются, а жесткий каркас раздвигается и вспучивается образуя складки. В местах оттока пластичного материала жесткие слои сближаются.

3. Одновременное действие бокового сжатия и вертикальных сил. Слои скользят одни относительно другого и получают простейшие формы складок – складки изгиба. Они бывают трех типов – не расслоенные (складки прижаты друг к другу), с отслоением (когда между жесткими слоями образуется пространство в этом пространстве в дальнейшем накапливается рудное вещество), с послойным течением (когда пространство заполняется веществом с крыльев складки). При смятии разнородных слоев могут возникать трещины разрыва.

Выделяют две основные группы складчатости: **конседиментационная складчатость**, развивающейся параллельно с осадконакоплением, и **постседиментационная складчатость**, возникающей позже образования осадочных толщ и накладывающейся на их конседиментационные формы.

Конседиментационная складчатость (термины «конседиментационная» и «постседиментационная» складчатости предложены С. С. Шульцем). Характерные признаки, свидетельствующие о конседиментационном развитии некоторых складчатых форм, хорошо устанавливаются на куполовидных структурах. К ним относятся:

1) постепенное увеличение углов падения слоев в крыльях этих структур в более низких стратиграфических горизонтах;

2) уменьшение мощности слоев в направлении от крыльев к своду, достигающее иногда до выклинивания их на своде, с развитием местных угловых несогласий;

3) большая грубозернистость осадка в слоях на своде, чем на крыльях. Не всегда все эти признаки могут встречаться вместе, но каждый из них указывает на конседиментационность развития тех структур, в которых они устанавливаются.

Большая грубозернистость осадков на сводах, уменьшение мощности слоев (и даже выклинивание слоев) на них связано с приближением сводов к уровню действия волн, а в некоторых случаях даже с поднятием их выше уровня воды с соответствующим перераспределением осадка на изогнутой

поверхности отложения. При этом на сводах куполов мощность осадков уменьшается, а в межкупольных депрессиях увеличивается за счет сброса материала со сводов. Постепенный рост сводов влечет за собой постепенное наращивание наклона более древних слоев. Такое развитие характерно для всех конседиментационных форм.

Конседиментационная складчатость, дает сравнительно простые формы складок без сколь-нибудь значительной метаморфизации слоев в них (диагенез). В непосредственном своем выражении эти формы наблюдаются на платформах.

Постседиментационная складчатость. Постседиментационные структуры обычно развиваются в отложениях, уже деформированных конседиментационной складчатостью. Породы, вовлеченные в постседиментационную складчатость, претерпевают значительный метаморфизм, иногда очень сильный, вплоть до существенного изменения их первичного состава и полной перекристаллизации. Постседиментационная складчатость отличается несравненно большей сложностью и многообразием своих форм, а также многообразием причин, обусловивших эти формы. Она характерна для геосинклинальных областей.

К настоящему времени предложено много схем генетической классификации складок, которые непрерывно изменяются при новых поступающих материалах. Ни одна из них не получила общего признания.

Рассмотрим наиболее распространенную теорию образования складок. Она была предложена В. В. Белоусовым, который выделяет четыре основных типа складчатости: 1) глыбовую, 2) нагнетания, 3) общего смятия, 4) глубинную.

Все типы складчатости связаны с дифференциальными вертикальными движениями блоков земной коры, представляя собой реакцию слоистых толщ земной коры на эти движения.

Глыбовая складчатость лежит в основе и других типов складчатости, в своем чистом виде проявляясь в местах с относительно небольшой мощностью осадочного покрова и с малым размахом вертикальных движений блоков земной коры. Это - условия платформ, некоторых участков передовых и межгорных прогибов с умеренным накоплением осадков.

Складчатость нагнетания требует для своего развития мощных осадочных толщ с серией пластичных пород в их составе и умеренных амплитуд движения блоков. Наиболее благоприятными районами являются передовые и межгорные прогибы с большим накоплением, глубокие синеклизы, области погружения антиклинорий. Ей содействуют разрывы в толще, покрывающей пластичную свиту.

Складчатость общего смятия связана с контрастными движениями блоков, происходящими с большой амплитудой и неоднократными изменениями направления движения. Такие условия характерны для геосинклиналей.

Все три типа складчатости, рассмотренные выше, В. В. Белоусым объединяются в одну группу *поверхностной складчатости*, помимо которой им отмечаются также проявления так называемой *глубинной складчатости*, развитой внутри глубинных диапиров или между гранито-гнейсовыми куполами в зонах глубокого метаморфизма.

Изображение складок на карте

На геологической карте складки имеют вид симметричных полос идущих параллельно центральной полосе и пересекающихся горизонталями и реками. У антиклинальных складок в ядре древние отложения, у синклиналей в ядре молодые отложения. При горизонтальном залегании слои идут параллельно горизонталям рельефа. Поэтому если на карте нет горизонталей и нет знаков указывающих на залегание слоев, то о характере залегания судить невозможно. Одна и та же картина может быть истолкована по разному – как антиклиналь или синклиналь.

На карте со складчатым залеганием полосы имеют различную ширину и форму, что зависит от характера рельефа и угла падения крыла. При плоском рельефе границы будут ровными плавно сходящимися на замыканиях, а при расчлененном извилистыми.

По ширине выхода пласта на карте можно судить об относительной крутизне падения пласта- узкий выход пласта соответствует крутому падению пласта. Широкие полосы превышают истинную мощность и свидетельствуют о меньшем угле залегания пласта.

Тип складки (антиклиналь или синклиналь) и направление падения крыльев можно установить по карте по возрасту пород обращая внимания на цвет и индексы. На черно-белой карте только на индексы и значки указывающие направление и падение пласта.

Шарнир всегда погружается в сторону выхода молодых пород. На участках погружения шарниров может быть определена стратиграфическая последовательность отложений и тип складки.

Структурная карта и изображение на ней складчатых структур

Геологическая карта не может отобразить особенности складчатой структуры на значительной глубине от поверхности для этого строят структурные карты. Структурной картой называется карта подземного рельефа структур, изображенных по опорным или маркирующим горизонтам стратиграфическими. Стратиграфические – линии соединяющие точки равных абсолютных отметок поверхности пласта. Их проводят по кровле маркирующего пласта и обрисовывают структуру в целом. С помощью стратиграфического изображают моноклинали, складки, флексуры, затурбидность вызывает изображение перевернутого залегания пласта. Маркирующими горизонтами называются выдержанные по простиранию и мощности, фациально строго однородные слои, легко отличающиеся от покрывающих и подстилающих слоев.

Принцип построения структурной карты такой же как и принцип

построения топографической основы. Карта строится по опорному пласту (кровля или подошва). Абсолютные отметки кровли находят как разность между отметками устья скважины и глубиной до маркирующего горизонта. Вычисленные отметки наносят на карту и все пункты соединяют прямыми линиями из которых составляется сеть треугольников. Треугольники должны быть равносторонними. Находят нужные отметки на сторонах треугольников и однозначные отметки соединяют плавными линиями. Следует внимательно следить чтобы стороны треугольника не пересекали участков на которых отметки поверхности опорного горизонта были выше или ниже интервала отметок указанных на концах сторон треугольника.

Ориентировочно намечают положение осевых частей складок и направление наклона слоя на крыльях.

При резком неравенстве сторон треугольника построить карту невозможно.

Элементы залегания слоя на структурной карте определяются так:

- линия падения устанавливается по нормали к стратоизогипсам (по перпендикуляру);

- направление падения определяют по направлению снижения отметок стратоизогипс;

- угол падения находят по заложению между двумя или несколькими соседними стратоизогипсами по формуле тангенсалинии,

$$\tan \alpha = h/b$$

- α - где расстояние по линии падения между принятыми для измерения стратоизогипсами;

- h - высота между горизонталями, сечение рельефа, м;

- b - заложение, длина перпендикуляра к простиранию пласта, м.

Разрывные нарушения в горных породах

Разрывными нарушениями или дизъюнктивными дислокациями называют структуры, характеризующиеся нарушением сплошности пород разделяющей их поверхности разрыва. Разрывные нарушения делятся на две группы:

- разрывные нарушения со смещением, где блоки перемещены относительно друг друга в каком либо направлении;

- разрывы без смещения, где величина перемещения незначительная или вообще отсутствует.

Глубинные разломы большой протяженности и на значительной глубине являются геотектоническими категориями и в данном курсе не рассматриваются. Образование разрывного нарушения начинается с появления трещины по которой в дальнейшем происходит перемещение блоков. Вспоминайте виды нагрузок и деформаций (растяжение, сжатие, кручение, изгиб, сдвиг). Движущими силами этого процесса служат тангенциальные и радиальные тектонические движения и сила тяжести, проявляющиеся при орогенезе. Поэтому разрывные нарушения

сосредоточены в основном в геосинклинальных областях от самых древних до молодых. Платформенные разрывные нарушения встречаются реже, имеют глубокое заложение и связаны с флексурами.

Классифицировать смещения можно на основе происхождения и морфологии. Предпочтение отдается морфологическому признаку. В ее основу положено два критерия: - направление взаимного перемещения расчлененных блоков; - угол наклона поверхности перемещения.

По этим признакам выделяют следующие группы: - сбросы, взбросы, надвиги, сдвиги, раздвиги. Из них четыре группы характеризуются относительным перемещением блоков вдоль поверхности разрыва, пятая - перпендикулярно к ней.

Сбросы

Сбросом называют разрывное нарушение с перемещением масс горных пород, где поверхность разрыва наклонена в сторону расположения опущенных пород.

В сбросах различают следующие элементы:

- приподнятое или лежащее крыло (А);
- опущенное или висшее крыло (Б);
- сместитель (В);
- угол падения смесителя (α);
- амплитуда по сместителю ($a_1 - b_1$);
- вертикальная амплитуда ($a_1 - b_2$);
- горизонтальная амплитуда ($b_1 - b_2$);
- стратиграфическая амплитуда ($a_4 - b_1$);
- вертикальный отход ($a_2 - b_1$);
- горизонтальный отход ($b_2 - a_3$).

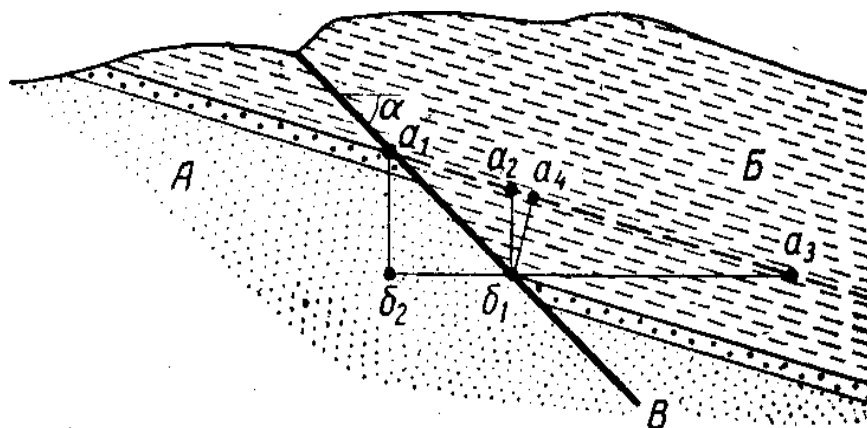


Рис. Элементы сброса

Классификация сбросов.

1. По углу наклона сместителя выделяют: - пологие сбросы с углом наклона сместителя до 30 градусов; крутые с углом наклона сместителя от 30 до 80 градусов и вертикальные более 80 градусов.

2. По отношению к простиранию нарушенных пород: - продольные сбросы у которых общее простираание сместителя совпадает с простираанием нарушенных пород; косые сбросы, сместитель ориентирован под углом к простираанию пород; поперечные сбросы, направленные вкрест простираания пород.

3. По соотношению наклонов сместителя и нарушенных пород: согласные у которых наклон пород и сместителя направлен в одну сторону; несогласные породы и сместитель падают в противоположные стороны.

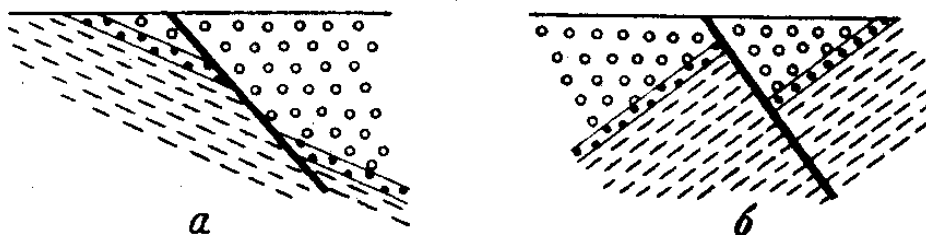


Рис а) согласный, б) несогласный

4. По направлению движения крыльев: в прямых сбросах висячее крыло перемещается вниз; в обратных сбросах –лежащее крыло перемещается вверх; в шарнирных сбросах крылья поворачиваются в разные стороны или в одну и ту же сторону вокруг оси перпендикулярной к простираанию от искривленной поверхности близкой к дуге.

5. По взаимному расположению сбросов в плане: - параллельные поверхности сместителей в плане и разрезе параллельны и смещение по таким сбросам носит ступенчатый характер; радиальные сбросы расходятся от одной точки или от определенного участка по радиусам; перистые сбросы образуют ветвящуюся сеть в которой выделяется основной наиболее крупный сброс и ответвления более мелкие.

6. По отношению к времени образования – конседиментационные возникающие и развивающиеся одновременно с накоплением осадков; постседиментационные (наложенные).

Строение сместителя . Поверхность сместителя не всегда бывает ровной, может быть и искривлена. При перемещении крыльев вдоль изогнутого сместителя между ними нередко возникают полости которые в последствии могут быть заполнены жильными и рудными минералами или водой.

При движении крыльев соприкасающихся друг с другом поверхности сместителя притираются и становятся гладкими как бы отполированными. Такие блестящие поверхности носят название зеркала скольжения. На зеркалах скольжения образуются многочисленные штрихи и бороздки ориентированные по направлению движения крыльев. При смещениях с амплитудами в результате разрушения неровностей и выступов помимо зеркала скольжения между крыльями образуется брекчия трения, которая

представляет собой раздробленную и перетертую массу обломков пород. Мощность брекчии непостоянная от метров до десятков метров.

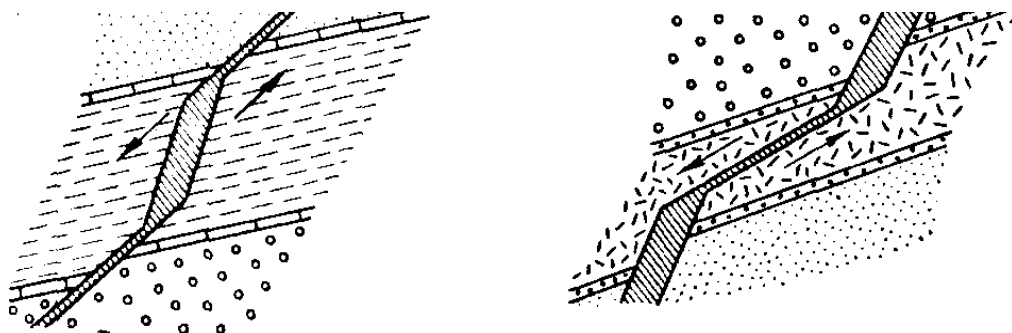


Рис. Полости образующие при перемещении крыльев сброса по искривленной поверхности сместителя

Определение направления перемещения крыльев сброса. Различают два вида перемещения крыльев – абсолютное и относительное. При определении направления абсолютного перемещения определяется смещение каждого крыла относительно горизонта. Возможны три варианта – перемещение висячего крыла вниз при неподвижном лежащем крыле; перемещение лежащего крыла вверх при неподвижном висячем крыле; перемещение обоих крыльев – лежащего вверх и висячего вниз, или обоих крыльев вниз и вверх, но с разной скоростью. Решение об абсолютном перемещении крыльев очень сложная задача и не всегда разрешима. В большинстве случаев достаточно знать об относительном перемещении, т.е. знать амплитуду смещения одного крыла относительно другого. Для этого можно пользоваться зеркалом и бороздами скольжения. Направления движения крыльев имеют изгибы слоев у поверхностей сместителей. Слои изгибаются в направлении перемещения крыльев.

Относительное направление перемещения может быть определено по соотношению возраста пород на крыльях сбросов. При определении относительного перемещения крыльев разрывов необходимо сравнивать возраст пород обнажающихся на поверхности по линии разрыва. Приподнятым крылом окажется то крыло на котором обнажены относительно более древние породы; на оуценном крыле обнажаются молодые породы

Происхождение сбросов. Из схем строения наклонных сбросов видно между разорванными и смещенными слоями образуются дыры, т.е. слои отходят друг от друга. Объясняется тем что происходит растяжение участков земной коры где развиваются сбросы. Растяжение возможно либо хрупким путем либо вязким. В обоих случаях действует сила тяжести направленная вниз. При отрыве поверхность сместителя располагается перпендикулярно действию растягивающих усилий так образуются

параллельные ступенчатые сбросы.

При скалывании поверхность сместителя располагается под углом в 45 градусов или большим к направлению растягивающих усилий.

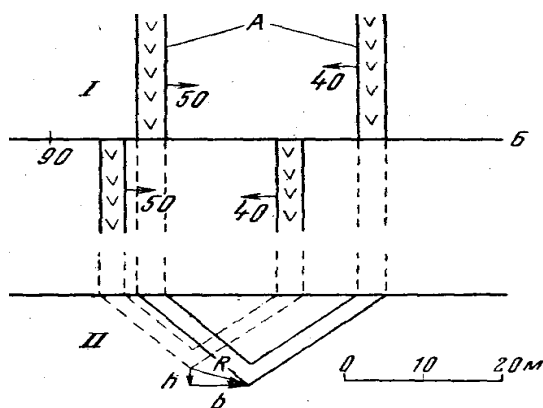


Рис. Определение горизонтальной и вертикальной амплитуды смещения
I - план двух даек лампрофиров (А), смещенных по нарушению, II - их разрез вдоль сместителя (Б)

Определение амплитуды смещения сбросов

Строится разрез по сместителю, чтобы на опущенном и поднятом крыле был пересечен один и тот же слой или горизонт.

На разрезе показывается положение даек и точек их пересечения для обоих крыльев разрыва. Если затем эти точки соединить между собой линией, получим величину перемещения в виде вектора R . Направление вектора определяется в данном случае условно. Если принять за неподвижное южное крыло, то он будет ориентирован сверху вниз и слева направо, т. е. северное крыло относительно южного опущено и смещено в горизонтальном направлении.

Обычно в практической деятельности необходимо знать вертикальную и горизонтальную составляющие амплитуды перемещения, для чего результирующий вектор R раскладывается на горизонтальную и вертикальную составляющие. Зная масштаб построения, можно подсчитать и истинные значения амплитуд горизонтального (b) и вертикального (h) смещения.

Определение возраста сбросов

Возраст сбросов определяется по возрасту нарушенных пород, по времени формирования складчатости в данном районе, по времени внедрения интрузии и т.д.

Взбросы

Определение и элементы взбросов. Взбросами называются нарушения, в которых поверхность разрыва наклонена в сторону расположения приподнятых пород.

В взбросах различают следующие элементы:

- опущенное или лежащее крыло (А);
- приподнятое или висячее крыло (Б);
- сместитель (В);

- угол наклона сместителя (α);
- амплитуда по сместителю (a_1-b_1);
- вертикальная амплитуда (a_1-b_2);
- горизонтальная амплитуда или перекрытие (b_1-b_2);
- стратиграфическая амплитуда (a_1-b_4);
- вертикальный отход (a_1-b_3);
- горизонтальный отход (b_1-a_2).

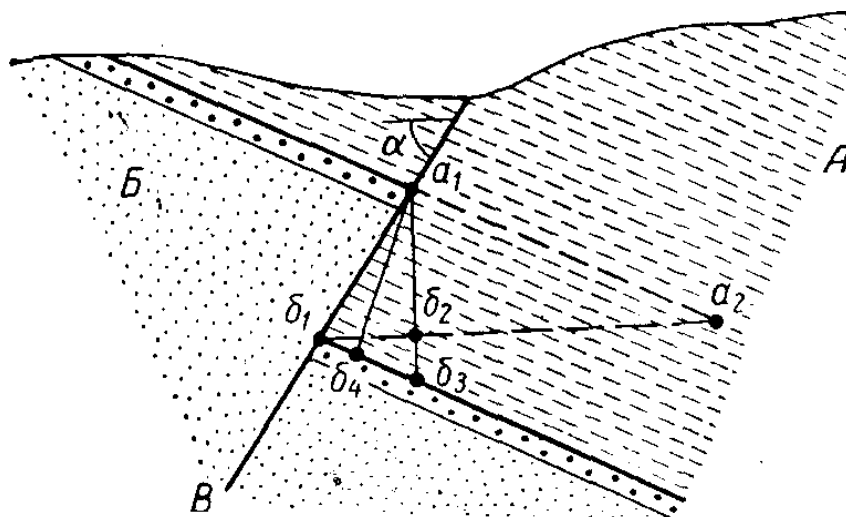


Рис.173 Элементы взброса

Классификация взбросов совпадает с классификацией сбросов. По углу сместителя выделяются – пологие взбросы с углом наклона сместителя до 30 градусов, крутые с углом наклона от 30 до 80 градусов и вертикальные с углом наклона сместителя 80-90 градусов. По отношению к простиранию нарушенных пород различаются продольные взбросы, у которых простирание сместителя совпадает с направлением простирания пород, косые или диагональные взбросы, ориентированные под углом к простиранию пород, поперечные направленные под прямым углом к простиранию пород. По соотношению наклона пород и сместителя выделяют согласные и несогласные взбросы. У согласных взбросов наклон пород и сместителя направлен в одну и ту же сторону, у несогласных – породы и сместитель наклонены в противоположные стороны.

По направлению перемещения крыльев выделяют три вида взбросов: прямые, обратные и шарнирные. В прямых - висячее крыло перемещается вверх, в обратных - лежащее крыло перемещается вниз, в шарнирных – крылья повернуты вокруг оси, находящейся на одном из концов разрыва. По взаимному расположению в плане – ступенчатые, радиальные, перистые.

Сместитель взбросов имеет те же характеристики что и сместитель сбросов, направление движения по сместителю, амплитуда и возраст определяются так же как и для сбросов. По отношению ко времени

образования делятся на консидементационные и постседиментационные. В первых перемещение крыльев происходит одновременно с накоплением осадков и на опущенном крыле мощность пород оказывается большей чем на приподнятом. Постседиментационные взбросы развиваются после образования пород и не имеют изменений мощности или фаций на крыльях.

Происхождение взбросов Строение взбросов характеризующееся перекрытием одного крыла другим указывает на сближение участков земной коры, порождаемых взбросами в горизонтальном направлении, что можно объяснить лишь сдвливанием. С механической точки зрения взбросы представляют собой поверхности скалывания. При горизонтальной ориентировке сил вызывающих сдвливании, сместители окажутся крутыми. Если действующие силы ориентированы под углом к горизонту, сместители могут быть наклонены полого или круто.

Грабены

Грабенами называются структуры образованные сбросами или взбросами, центральные части которых опущены и сложены на поверхности породами более молодыми чем в приподнятых краевых частях. Различают простые и сложные грабены. Простые грабены образуются двумя сбросами или взбросами. Грабены сложные образованы многочисленными разрывами.

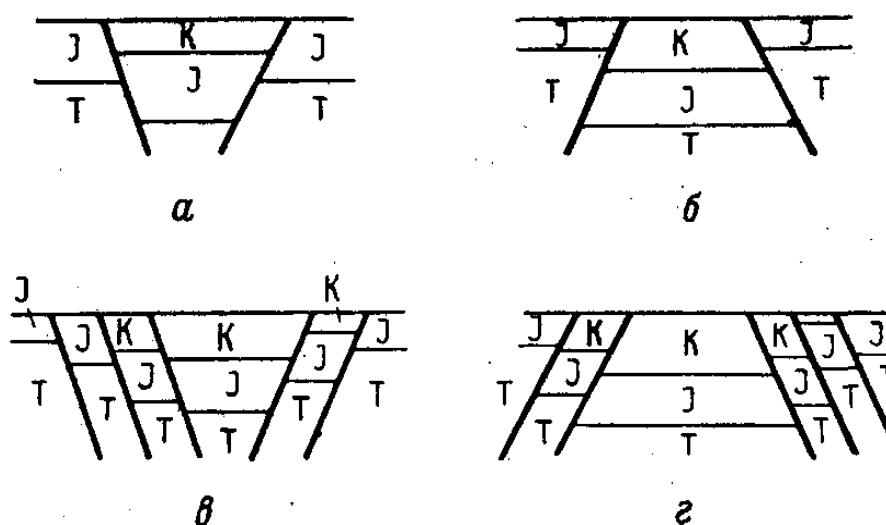


Рис. Схемы грабенов в разрезах: а - простого, образованного двумя сбросами, б - простого, образованного двумя взбросами, в - сложного, образованного сбросами, г - сложного, образованного взбросами

По отношению ко времени формирования горных пород слагающих грабен выделяют наложенные грабены и грабены формировавшиеся параллельно с осадконакоплением.

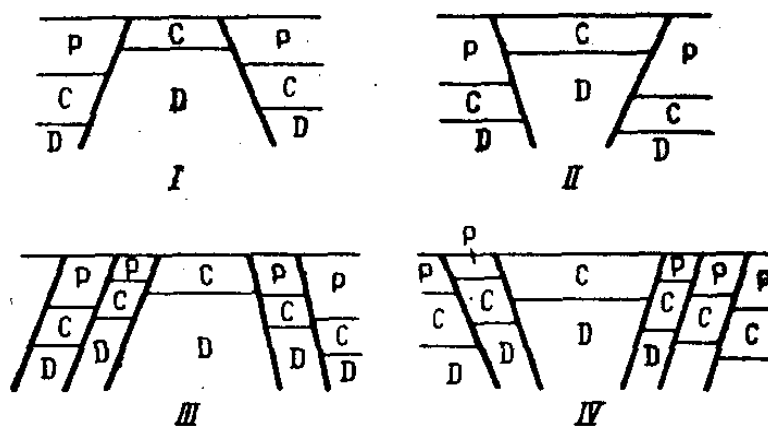
Наложённый грабен развивается в ранее образовавшихся толщах горных пород. Такие грабены накладываются на ранее сформировавшиеся структуры и возникают позже процесса осадконакопления и складчатости. В

таких грабенах, мощности пород в центральной и периферической частях остаются одинаковыми.

Грабены формирующиеся параллельно с осадконакоплением имеют сложное строение. В центральных частях накапливаются мощные толщи горных пород, которые отсутствуют или имеют незначительную мощность на периферических частях. Приподнятые древние породы обнажаются на краях и являются источниками сноса обломочного материала, который накапливается в центральной части.

Горсты

Горстами называются структуры образованные сбросами или взбросами. Центральная часть горста приподнята и сложена более древними отложениями, чем породы в краевых частях. Различают горсты простые и сложные. Простые горсты образуются двумя сбросами или взбросами, в сложных горстах принимает участие большее количество разрывов.



Схемы горстов в разрезах простого, образованного двумя сбросами (I); простого, образованного двумя взбросами (II); сложного, образованного сбросами (III); сложного, образованного взбросами (IV)

Горсты как и грабены могут развиваться в процессе осадконакопления накладываясь на уже сформированную структуру, так и одновременно с осадконакоплением. В последнем случае образование осадков осуществляется в краевых частях горстов за счет разрушения и размыва приподнятой центральной части горста.

Сдвиги

Сдвигами называются разрывы, смещения по которым происходят в горизонтальном направлении по простиранию сместителя.

Элементы сдвига: крылья, сместитель, угол наклона сместителя и амплитуда смещения.

По углу наклона сместителя различают сдвиги: 1) горизонтальные ($0-10^\circ$), 2) пологие ($10-45^\circ$), 3) крутые ($45-80^\circ$), 4) вертикальные ($80-90^\circ$).

По отношению к простиранию: продольные, косые, диагональные, поперечные.

Различают правые и левые сдвиги. Для того чтобы установить характер смещения, наблюдатель должен стать лицом к сместителю в пункте обрыва слоя. Если на противоположном крыле сдвига слой относительно наблюдателя будет смещен вправо, сдвиг будет называться правым, если влево — левым.

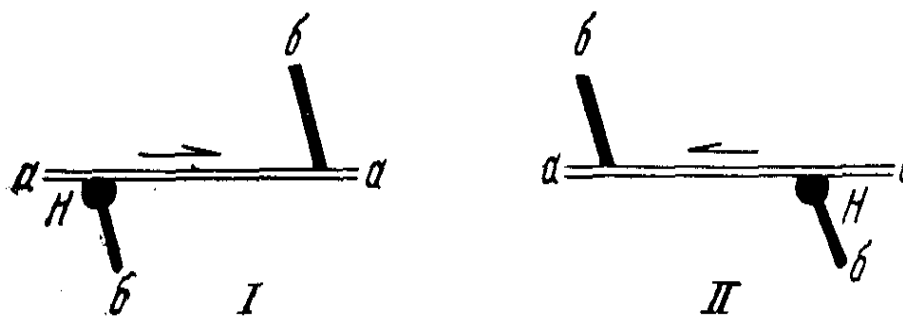
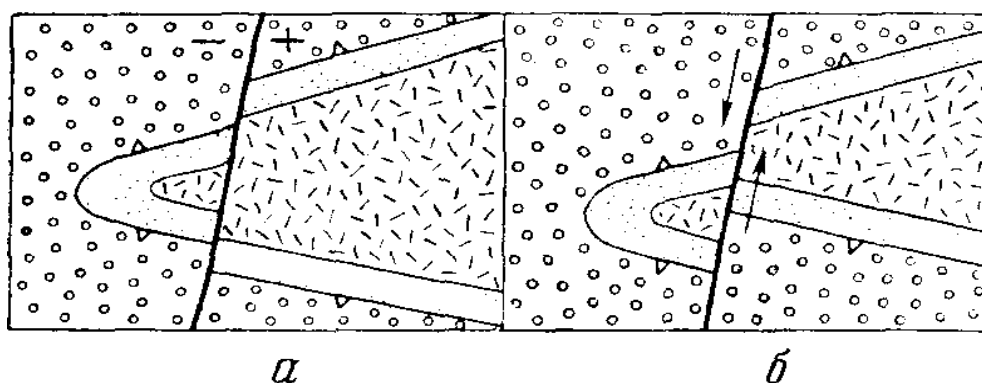


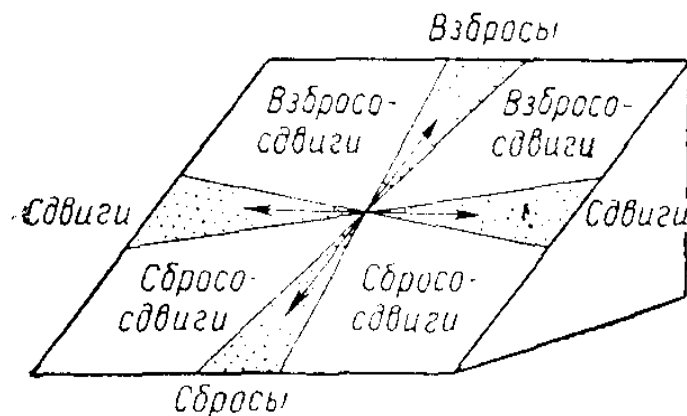
Схема правого (I) и левого (II) сдвигов *aa* — поверхность сместителя; *б* — разорванные слои; *H* — положение наблюдения (плановые изображения)

В сдвигах при перемещении крыльев в положении существующее до разрыва концы оборванных структур сходятся и структура восстанавливается как целая. В сбросах и взбросах геологическое строение крыльев на поверхности резко отлично и перемещение их по сместителю в горизонтальном плане не может восстановить форму структуры существовавшей до разрыва.



Схемы, иллюстрирующие различие плане между сбросом (а) и сдвигом (б)

Часто смещение крыльев происходит не в горизонтальном направлении а косо по отношению к горизонту. В этом случае появляются сдвиговая, сбросовая и взбросовая составляющая и разрывы называются сбросо-сдвигами, взбросо-сдвигами.

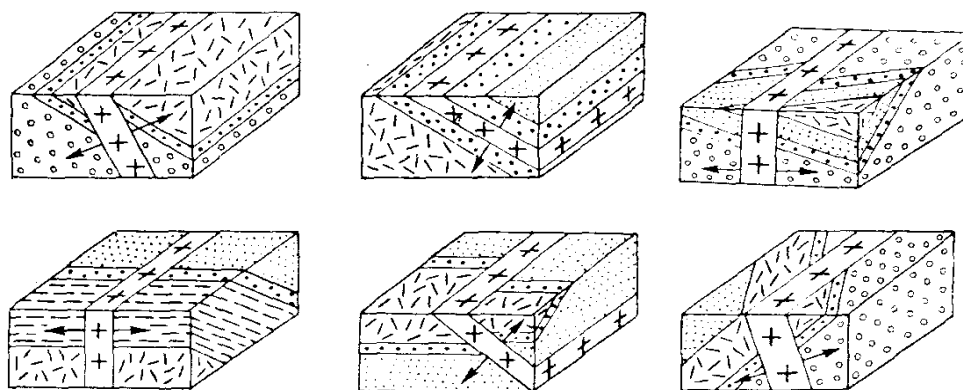


Схема, показывающая различие в направлении смещения сбросов, сдвигов сбросо - сдвигов и взбросо - сдвигов. Изображена поверхность сместителя. Стрелки - направление относительного смещения

Образование сдвигов вызывается воздействием на горные породы противоположно направленных сил. Часто сдвиги развиваются вдоль ранее возникших крупных трещин. Сдвиги широко распространены в земной коре, они имеют местное и региональное значение.

Раздвиги

Раздвиги – разрывы, в которых перемещение крыльев происходит под прямым углом к поверхности отрыва. При раздвиге увеличивается расстояние между крыльями разрыва. **Амплитуда раздвиги** измеряется перпендикулярно к поверхности разрыва и может быть различной: от нескольких до десятков метров. Раздвиги обычно заполнены горными породами или минералами, с ними связаны одиночные вертикальные дайки. Образуются раздвиги при растягивающих усилиях, действующих перпендикулярно поверхности отрыва.



Раздвиг выполнен жилой гранита

Надвиги

Разрывы взбросового характера возникающие одновременно со складчатостью называются надвигами. Надвиги развиты в сильно сжатых наклонных или опрокинутых пологих складках.

По наклону поверхности разрыва различают надвиги: крутые (с углом наклона поверхности разрыва $> 45^\circ$), пологие (с углом наклона разрыва $< 45^\circ$), горизонтальные - с горизонтальным расположением поверхности разрыва; ныряющие - с изогнутой поверхностью разрыва.

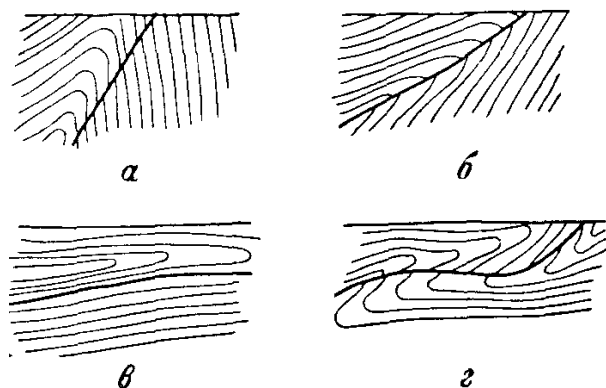


Рис. Различные виды надвигов:
а - крутой, б - пологий, в - горизонтальный, г – ныряющий

Разрывы появляются в замке или на крыльях складок в виде поверхностей скалывания двух направлений, но в дальнейшем хорошо развивается только одно из них. Чаще разрывы зарождаются в антиклиналях, причем подвигание происходит по антиклинали на соседнюю синклинали. Поверхности надвига – не прямые, а волнистые и по падению и по простиранию.

Изогнутые поверхности говорят о том, что складкообразование продолжалось и после надвига. Подвинутая часть надвига называется **аллохтоном**, не перемещенная часть – **автохтоном**.

Надвиги развиваются со складчатостью:

- 1) направление надвигов параллельно простиранию осей складок
- 2) надвиги нередко сами участвуют в складкообразовании
- 3) надвиги обычно развиваются в подвернутых крыльях запрокинутых складок.

Тектонические покровы (шарьяжи)

Это горизонтальный, пологий или волнистый крупный надвиг с перемещением до многих десятков километров, который также называется **шарьяжем**.

Покровы возникают и развиваются только при геосинклинальном режиме и распространены в областях со сложным складчатым строением: в Альпах, Аппенинах, Карпатах и Гималаях.

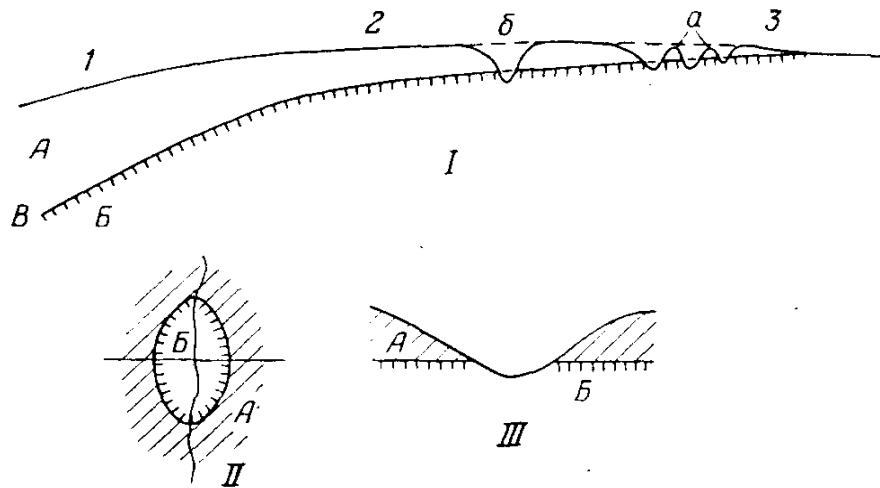


Рис. Схема строения покрова. I - строение покрова: 1 - корни покрова, 2 - тело или панцирь покрова, 3 - голова или фронт покрова, а - эрозионные останцы, б - эрозионное окно; тектоническое окно: II - в плане, III - в разрезе; А - аллохтон, Б - автохтон, В - поверхность волочения

Время формирования покровов может быть длительным от одного до двух периодов. Причины образования покровов не установлены. Наиболее вероятный механизм образования заключается в горизонтальном течении вещества глубоких зон земной коры и верхней мантии.

Полевые признаки разрывных нарушений

Есть прямые и косвенные признаки.

Прямые признаки:

1. Смещение слоев вдоль сместителя – различные по составу и возрасту пород.
2. Повторение выхода маркирующего горизонта.
3. Исчезновение маркирующего горизонта.
4. Различие в элементах залегания.
5. Брекчия трения.

Косвенные признаки:

1. Выраженность разрывных нарушений в рельефе- наличие обрывистых уступов, прямолинейные долины.
2. Линейное расположение выходов подземных вод.
3. Выпадение или повторение маркирующего горизонта при вертикальном бурении.
4. Повышенная магнитность пород между двумя перемещенными блоками.

Изображение разрывных нарушений на геологических карт

На геологической карте разрывное смещение изображается жирной красной линией. На карте ее получают путем проектирования линии тектонического нарушения на местности на горизонтальную плоскость.

При вертикальном положении сместителя линия нарушения изображается прямой, положение которой не зависит от характера рельефа, а определяется простиранием сместителя.

При наклонном положении сместителя линия нарушения будет прямой при горизонтальной поверхности Земли, а при расчлененном рельефе она изображается извилистой кривой отклоняющейся в сторону падения плоскости смещения.

На карте сброс обнаружен:

- при перемещении пласта вдоль линии сброса;
- по повторению выхода пласта;
- по исчезновению выхода пласта;
- по изменению простирания пород в выходах вдоль линии шарнирного сброса.

Направление и угол падения сместителя наклонных разрывных нарушений на карте обозначают красным штрихом и цифрой.

Если условного штрихового знака на карте нет, то направление и угол падения сместителя по карте устанавливают приблизительно.

Относительное положение боков сброса, взброса или надвига определяется при сопоставлении возраста пород на смежных блоках. На поднятом крыле обнажаются более древние породы, чем на опущенном. Другой способ называется правило пяти «П»- поднятый пласт перемещается по падению.

Высота смещения (вертикальная амплитуда) определяется по разности высотных отметок пласта на линии его простирания проложенной с одного бока на другой. По разности отметок в точке пересечения вспомогательной линии падения и выхода пласта на соседнем блоке находят вертикальную амплитуду.

Запишем формулы для определения элементов разрывных нарушений.

- α – угол падения пласта;
- β – угол падения сместителя;
- C_1 - стратиграфическая амплитуда;
- C_2 - вертикальная амплитуда;
- C_3 – горизонтальная амплитуда;
- C_4 – полная амплитуда.

$$C_1 = C_4 * \sin(\beta \pm \alpha) \quad \text{или} \quad C_1 = C_2 * \sin(\beta \pm \alpha) / \sin \beta$$

$$C_2 = C_4 * \sin \beta;$$

$$C_3 = C_2 * \cos \beta / \sin \beta;$$

$$C_4 = C_2 / \sin \beta.$$

Определение по геологической карте различных типов разрывных структур:

1. Сдвиг от сброса или надвига отличают по расстоянию между соответствующими точками в перемещенных блоках. При сдвиге это расстояние на

обоих блоках будет одинакова, у других разрывных структур оно разным.

2. Различие устанавливается по направлению наклона сместителя по отношению к поднятому блоку. Если сместитель наклонен в сторону опущенного блока, значит разрывное смещение - сброс; если в сторону поднятого - взброс или надвиг.

Различие между взбросом и надвигом:

1. Устанавливают по величине извилины образуемой линией тектонического нарушения при пересечении ею понижений рельефа и по соотношению простирающейся линии смещения с осями складок. При надвиге его линия в понижениях рельефа образует большую извилину, а сама линия ориентирована осям складок. При взбросах эта линия мало изгибается и может простираться в любом направлении по отношению к осям складки.

2. Раздвиги заполнены магмой и образуют непрерывные или прерывающиеся дайки, которые указывают на простираание раздвига.

Итак, чтобы определить тип разрывного нарушения необходимо:

1. Определить сдвиг это или нет.
2. какой из двух блоков поднятый (по возрасту).
3. К какому блоку падает сместитель (по рельефу).
4. Величину изгиба линии разрыва при пересечении ее рек.
5. Положение разрыва в плане.
6. Возраст разрыва определяется возрастом пересекаемых пород.

Трещины в горных породах

Разрывы в горных породах делятся на две большие группы. К первой группе относятся **трещины**, представляющие собой разрывы, перемещения по которым имеют очень незначительную величину. Во вторую группу объединяются **разрывы** с заметными перемещениями пород, разъединяемых разрывами. Совокупность трещин, разбивающих тот или иной участок земной коры, называется **трещиноватостью**. По степени проявления трещины можно разделить на три группы: открытые, закрытые и скрытые.

Открытые трещины характеризуются четко видимой полостью. В **закрытых трещинах** разрыв хорошо заметен невооруженным глазом, но стенки трещин оказываются сближенными до такой степени, что заметить полость по разрыву не удастся. **Скрытые трещины** очень тонки и при обычных наблюдениях не заметны, но их легко обнаружить при разбивании или окрашивании горных пород.

Отдельностью называются блоки и глыбы, на которые разделяется трещинами горная порода. Форма отдельности обуславливается расположением трещин. В осадочных горных породах обычно развиваются прямоугольная, кубическая, параллелепипедальная, призматическая, плитчатая, шаровая и глыбовая отдельности; в метаморфических — плитчатая, пластинчатая, ребристая, остроугольная; в лавах — призматическая, столбчатая или шаровая отдельности; среди интрузивных массивов встречаются кубическая, прямоугольная, параллелепипедальная и др.

В геометрической классификации трещин в осадочных и метаморфических породах, обладающих ясно выраженной слоистостью или имеющих неясную слоистость, но четкую сланцеватую текстуру, выделяются (рис. 20):

а) поперечные трещины, секущие в плане слоистость или сланцеватость по направлению падения. В разрезах поперечные трещины могут быть либо вертикальными, либо наклонными;

б) продольные трещины, параллельные линии простирания, но секущие слоистость или сланцеватость в вертикальных разрезах;

в) косые трещины, секущие слоистость или сланцеватость под углом относительно простирания и направления падения;

г) согласные трещины, ориентированные параллельно слоистости, или сланцеватости как в плане, так и в разрезах.

В массивных, а также в слоистых и сланцеватых породах нередко трещины удобнее классифицировать по углу наклона.

В таких случаях обычно выделяются следующие виды трещин: вертикальные (с углами падения от 80 до 90°), крутые (с углами падения 45 до 80°), пологие (с углами падения 10 до 45°), слабо наклоненные и горизонтальные (с углами падения от 0 до 10°).

Классификация трещин. В настоящее время разрывные нарушения без смещения принято называть просто трещинами. Горные породы обычно расчленены сетью трещин располагающихся самым различным образом. Совокупность трещин называется трещиноватостью.

Трещины, имеющие близкую ориентировку, объединяются в ряды или системы. Различия в ориентировке трещин одного ряда по простиранию и падению обычно не превышают 10—15°. Одновременно, как правило, бывает развито несколько рядов. Причем нередко изменения в ориентировке одного из них сопровождаются соответствующими изменениями в другом.

Основными параметрами трещиноватости являются: густота, ширина, протяженность и ориентировка трещин. Густота трещиноватости выражается расстоянием между соседними трещинами или их количеством на 1 м расстояния в направлении, перпендикулярном к некоторой средней поверхности ориентировки трещин.

Трещины характеризуются общим раскрытием, заполнением и зиянием. Раскрытие определяется расстоянием между стенками трещин. Заполнение и зияние могут изменяться от некоторой величины раскрытия до нуля. В сумме они равны раскрытию. Величина зияния в глубине массива может существенно отличаться от величины зияния трещин на поверхностях выветривания, в стенках горных выработок или шлифах (у микротрещин). По густоте трещин и их зиянию можно определить трещинную пустотность, проникае-

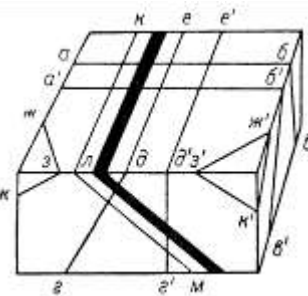


Рис. 20. Геометрическая классификация трещин
Черный слой — слоистость;
абв и а'б'в' — поперечные трещины, где и г'д'е' — продольные, жзк и ж'з'к' — косые; клм — согласные

мость массива и другие показатели его коллекторских и инженерно-геологических свойств. Протяженность трещин выявляется в пределах поверхности обнажения.

Ориентировка поверхности трещин в точке замера характеризуется углом и азимутом падения. При замерах элементов залегания трещины горным компасом определяется ее магнитный азимут падения. Чтобы перейти к истинному азимуту, следует учесть магнитное склонение. При работе в подземных горных выработках необходимо также иметь в виду местные отклонения. Поправка на эти отклонения вводится в связи с тем, что при замерах, осуществляемых горным компасом, в условиях горных выработок наблюдаются искажения его показаний под влиянием металла, находящегося в руднике (рельсы, вагонетки), и других причин. Для определения поправки на местные отклонения приходится замерять магнитный контрольный азимут выработки и определять на плане горных работ истинный азимут этой же выработки.

Прежде чем приступить к замерам ориентировки трещин, необходимо на участке, где производятся измерения, установить генезис трещин, определить элементы залегания пластов горных пород, сланцеватости или иных ориентированных текстур. Запись результатов наблюдений над трещинами следует сводить в таблицы непосредственно в поле, а не разбрасывать среди текста полевой книжки. Для каждого генетического типа трещин обработка замеров их ориентировки должна производиться отдельно.

В осадочных и метаморфических породах, обладающих, ясно выраженной слоистостью или сланцеватой текстурой выделяются:

а) поперечные трещины, секущие в плане слоистость или сланцеватость по направлению падения. В разрезах поперечные трещины могут быть либо вертикальными, либо наклонными;

б) продольные трещины, параллельные линии простирания, но секущие слоистость или сланцеватость в вертикальных разрезах;

в) косые трещины, секущие слоистость или сланцеватость под углом относительно простирания и направления падения;

г) согласные трещины, параллельны слоистости или сланцеватости как в плане, так и в разрезах.

Трещины нередко различают по углу наклона: вертикальные с углами падения от 80° до 90° , крутые - 45° - 80° , пологие - 10° - 45° , слабо наклоненные и горизонтальные - 0° - 10° .

С учетом геологических условий формирования трещин выделяются *нетектонические трещины* и *тектонические трещины*. Среди нетектонических различают: первичные, трещины выветривания, оползней, обвалов и провалов, а также расширения пород при разгрузке. Первичные трещины возникают при процессах диагенеза и являются трещинами отрыва, внутрислоевыми и обычно перпендикулярны к напластованию или слабо параллельны к нему. Трещины выветривания возникают в процессе выветривания

пород, когда раскрываются и расширяется уже существующие и образуются новые. Трещины оползней, обвалов и провалов образуются в результате действия силы тяжести их называют еще гравитационными. Трещины расширения пород при разгрузке возникают тогда, когда породы находящиеся в сильно сжатом (напряженном) состоянии освобождаются от тектонического напряжения - обнажаются, например, в бортах карьеров.

Разгрузка пород при этом выражается в виде трещин отслаивания и трещин бортового отпора.

Тектонические трещины подразделяются на трещины отрыва, скалывания, трещины сплющивания и кливаж. Они появляются в горных породах в результате деформации разрыва под влиянием тектонических сил, развивающихся в условиях земной коры. Трещины отрыва отражают явления растяжения, а скалывания - сжатия. Трещины отрыва (раскалывания) обычно имеют полости той или иной величины, часто заполняемые в дальнейшем гидротермальными или магматическими, кластическими образованиями. Трещины скалывания обычно плотно сжаты, имея равные поверхности. Трещины сплющивания располагаются в плоскостях параллельных главным осям деформаций А и В. Они развиваются в результате пластического течения вещества в твердом состоянии.

Наглядным выражением трещин сплющивания является кливаж течения.

Кливаж. Кливажом называется совокупность частых параллельных поверхностей скольжения расчленяющие породы на тонкие параллельные пластинки и плитки. Кливаж возникает при пластических деформациях горных пород. Различают кливаж послойный развивающийся параллельно слоистости; веерообразный - располагающийся веерообразно относительно осевой поверхности складок; обратный веерообразный - поверхности кливажа сходятся под антиклиналями и под синклиналями; S - образный кливаж - выражается в S- образном изгибе кливажных поверхностей внутри отдельных слоев; главный кливаж течения развивается параллельно осевым поверхностям.

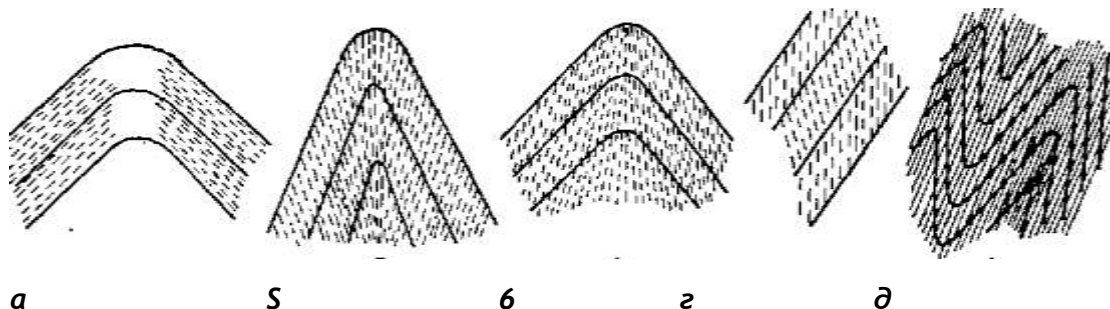


Рисунок 23. Разновидности кливажа (по А.Е.Михайлову) а — послойный кливаж. Секущий кливаж: б — веерообразный; в — обратный веерообразный; г — S-образный; д — параллельный

Графические методы изображения замеров трещин. При полевом изучении трещиноватости горных пород проводятся массовые замеры трещин,

требующие дальнейшей обработки. Ориентировка поверхности трещин в точке замера характеризуется углом и азимутом падения. При обработке данных трещиноватости прибегают к составлению различных диаграмм и карт трещиноватости. В основе построения таких диаграмм должно лежать разделение трещин по генезису. В настоящее время наибольшим распространением пользуются круговые диаграммы в изолиниях, построенные с помощью сетки Вальтера-Шмидта. Широко используются и другие виды диаграмм, в особенности розы-диаграммы на которых легко можно выявить преобладающие простирания трещин, азимуты или углы их падения. Достоинством же диаграммы, построенной на сетке Вальтера-Шмидта, заключается в наглядности изображения, возможности количественной оценки трещин различного направления и сравнение диаграмм, построенных для различных участков и районов.

На розах-диаграммах легко можно выявить преобладающие простирания трещин, азимуты или углы их падения.

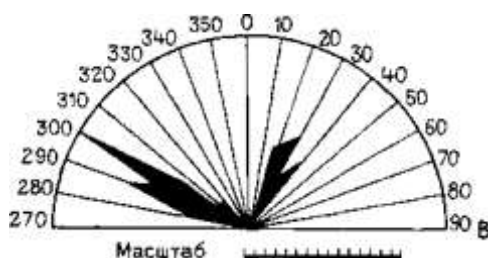


Рис. 24. Роза-диаграмма простираний. Каждое деление соответствует одной трещине (по А.Е.Михайлову)

В качестве примера рассмотрим построение розы-диаграммы азимутов линий простирания. На полукруг произвольного радиуса наносится градусная сетка с северными румбами и проводятся радиусы-меридианы (рис. 24). Интервалы между меридианами можно брать различными — 2—3 или 5°. Затем выбирается единичный отрезок с произвольной длиной, соответствующий одному замеру, служащий масштабом для изображения количества трещин. Единичный отрезок откладывается на полукруге от его центра по направлению замеренного азимута. При этом производится округление значений замеров азимутов в соответствии с частотой проведенных радиусов-меридианов.

Можно вести построение и без округлений. При повторении замера единичный отрезок откладывается от ранее нанесенного к периферии диаграммы. После нанесения всех замеров концы линий составленных единичными отрезками, соединяют прямыми, и образовавшийся контур затушевывают.

Формы залегания интрузивных пород

Интрузивные горные породы в земной коре развиты широко. Они распространены в фундаментах древних платформ и складчатых областях. По

условиям образования интрузивные массивы: 85 % гранитоидного состава, - 10 % - средние, нормальной щелочности и щелочные породы, - 3-5% - основные и ультраосновные породы.

Формы интрузивных тел зависят от тектонической обстановки их внедрения, т.е. от общего характера тектонических движений во время образования интрузивного тела. Распределение минеральных веществ в интрузии зависит от движения магмы в период ее застывания. Форма залегания интрузива определяется его внутренним строением и распределением в нем полезных ископаемых.

По морфолого-тектоническим признакам (соотношение формы с залеганием вмещающих пород) интрузивные тела делятся на согласные (конкордантные) и несогласные (секущие, дискордантные) интрузивы. По тектоническим условиям формирования выделяются интрузивы геосинклинальных областей и интрузивы платформ. В геосинклинальных областях интрузивная деятельность интенсивна, здесь тела значительные по размерам и разнообразные по форме. В платформенных условиях движение земной коры значительно слабее в этих условиях интрузивные тела малые по размерам, имеют небольшую глубину залегания и связаны с глубинными разломами.

Среди согласных интрузивов выделяются - силлы, лакколиты, факолиты, лополиты. Наибольшее согласие у силлов, наименьшее у лакколитов. У согласных интрузивов имеется ножка или канал имеющая вид столбообразного тела.

Силлы – пластовые интрузии, пластообразные тела залегающие параллельно напластованию вмещающих пород, образуются на небольшой глубине. Мощность:- от несколько сантиметров до сотен метров. По площади достигают несколько сотен километров. Состав – от габбро до диабазов реже гранитов. Развиты в геосинклинальных областях и платформенных областях.

Лакколиты - называются небольшие (до 3-6 км в поперечнике) **грибообразные тела**, границы которых согласны с поверхностями слоистости вмещающих пород. В центре плоское основание и крутые боковые поверхности. Залегают на глубине 500-3000м. Сложены породами кислого состава



Факолиты - называются небольшие интрузии, имеющие **серповидную форму** в разрезе. Образуются они в ядрах антиклинальных или реже синклинальных складок. Мощность – сотни метров, реже тысячи метров. Магма внедряется в ослабленные участки между слоями в замках складок.



Лополитами - называются **блюдцеобразные тела**, залегающие согласно с вмещающими породами. Вмещающие породы – основные, ультраосновные или щелочные, редко гранитоиды. Размеры – различные, от небольших до огромных тел.



К несогласным или секущим интрузивным телам принадлежат – батолиты, штоки, дайки.

Батолиты- крупные массивы интрузивных пород, главным образом, гранитов и гранодиоритов внедряющиеся в ядра антиклинориев, имеющие площадь выхода на поверхность более 100 км². Размеры их могут быть большими: длиной до сотен километров, шириной до десятков километров.

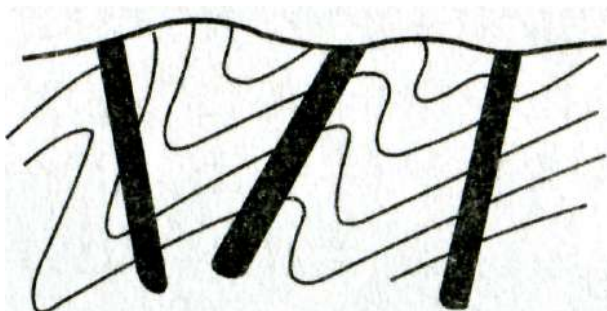
Наиболее крупные батолиты сосредоточены в областях байкальской и палеозойской складчатости. Контакты со вмещающими породами могут быть ровными, волнистыми, бугорчатыми, зазубренными или иметь вид различного рода ветвлений.

Боковая поверхность батолитов имеет сложное строение. Вертикальный размах по геофизическим данным составляет 6-10 км.

Штоки - называются интрузивные тела, сложенные, в основном, гранитодами и имеющие площадь выхода на поверхность менее 100 км². Форма штоков – округлая или вытянутая, редко неправильная, представляет отдельные массивы или ответвления от батолитов. Сложены штоки кислого или среднего состава. Разделение штоков и батолитов условное.

Дайки - плитообразные тела, образующиеся в трещинах земной коры. Это секущие тела, которые по составу могут быть как интрузивными, так и эффузивными. Размеры даек очень различны. На Алдане описана дайка, сложенная габбродиабазами, длиной более 100 км при мощности 250 м. В Зимбабве находится Великая Дайка, заполняющая раздвиг длиной 540 км при мощности 3-13 км.

Но, в основном, дайки имеют длину в десятки-сотни километров, мощность до нескольких метров и крутое или вертикальное падение. Часто встречаются группы даек, образующие пояс; здесь они могут иметь параллельную, кулисообразную и кольцевую формы (диаметр системы достигает 25 км).



Жилами – несогласные плитообразные тела различного состава и различного происхождения, возникают при заполнении трещин веществом выделившимся из магмы. Размеры жил изменяются в широких пределах. По форме они подразделяются на простые, сложные, ступенчатые, сетчатые, ветвящиеся и другие.

Некки – представляют собой нижние части вулкана, т.е. переходная форма к эффузивам. В плане имеют неправильную форму или округлую, овальную форму. Размером от несколько десятков метров до 1-1,5 км в поперечнике.

Контакты интрузивов.

Внедряющая магма воздействует на окружающие породы. Под влиянием паров, газов и высокой температуры вмещающие породы изменяются, образуются новые породы. Степень изменения постепенно убывает при удалении от контакта интрузии. Ширина зон контактов у различных пород различная. Наиболее широкие ореолы достигают 1-3 км развиваются вокруг интрузий гранитов (кислого состава). Мощность ореолов над кровлей всегда больше чем у боковых поверхностей.

По изучению контактов можно судить об условиях образования и возраста интрузива. Контакты подразделяются по происхождению, форме, резкости границ и мощности приконтактной зоны.

По происхождению контакты – интрузивные и стратиграфические. Интрузивный контакт когда контактирующая порода подверглась воздействию внедряющей магмы. Интрузивный контакт говорит о молодом возрасте интрузивной породы по сравнению со смежной осадочной. Стратиграфический контакт – когда с остывшей магматической породой соприкасается осадочная порода, которая отлагалась на интрузии. Что говорит о молодом возрасте осадочной породы.

Контакты могут быть резкими и постепенными. Резкие возникают при быстром остывании магмы, постепенные образуются при медленном остывании магмы.

Возраст интрузии определяют по радиоактивному методу или возрасту прорываемых и покрывающих пород.

По обе стороны интрузии развиваются контактовые ореолы измененных пород. В этих зонах образуются оруденение, с ними связаны месторождения.

В интрузивном теле развиваются трещины – связанные с тектоническим движением и силами возникающими при остывании магмы.

Различают три системы трещин

- пластовые трещины бывают закрытыми, образуются в верхних и боковых частях интрузии. Они параллельны внешним контактам массива, вдоль этих трещин породы легко отслаиваются. С этими трещинами совпадают склоны возвышенностей.

- продольные трещины, они вертикальные или круто наклонные и расположены перпендикулярно или параллельно к плоскостной текстуре течения. По ним лучше всего раскалывается порода, имеют ровные гладкие стенки.

- поперечные трещины или трещины разрыва ориентированы вертикально, но расположены перпендикулярно к линейной плоскостной текстуре. Порода в этом направлении плохо колетса и дает неровный скол. Трещины открытые, к ним приурочена жильная формация.

Структурно-петрологическая карта и полевое изучение интрузивов

Что бы показать элементы внутреннего строения интрузивов разработан вид карт который называется структурно-петрологическая карта. Она отличается от структурных карт и отражает не только границы основных комплексов пород, но и элементы магматической тектоники. Для этих карт применяются специальные знаки и обозначения. Величина угла падения не ставится, так как он часто меняется ставится интервал падения и преобладающее направление.

При полевом изучении устанавливается форма, состав, условия залегания, возрастные соотношения между породами, трещиноватость. Исследования ведут прямыми наблюдениями в обнажениях и при горно-буровых работах. На обнажении нужно провести максимум измерений, сделать рисунок обнажения, привязку обнажения.

Формы залегания эффузивных пород

Эффузивные породы образуются при излиянии на поверхность и застывания лав – жидких продуктов вулканической деятельности. Различают вулканы центрального и трещинного типа. При извержении центрального вулкана образуется слоистый конус с четко выражено слоистостью. Эти образования покрывают склон неравномерно, их мощность убывает от центра извержения. При трещинном извержении выброс лавы происходит из многих вулканов (трещин). Здесь лава заполняет пониженные участки. Характер извер-

жения зависит от газового режима вулкана. Различают три вида извержения – эффузивные, эксплозивные и экструзивные.

При эффузивных излияниях лава спокойно изливается на поверхность и застывает в виде покрова или потока. Такие вулканы извергают лаву основного редко среднего состава.

Эксплозивные извержения представляют собой взрыв, который сопровождается выбросом в воздух или водный бассейн кусков лавы. Такой тип извержения характеризуется выделением лав кислого или щелочного состава. При этом образуются тяжелые горячие облака, которые распространяются в виде стелющихся туч. При остывании масса обломков расплющивается и сваривается образуя породу получившую название **-игнимбритов.** Крупные линзовидные обломки стекловидной лавы вытягиваются вдоль покрова.

При экструзивном типе происходит выдавливание вязкой или затвердевшей лавы на поверхность. Форма тел зависит от вулканического канала по которому происходит выдавливание. Они образуют купола, обелиски, тела неправильной формы и могут переходить в покровы и потоки лав.

В районах вулканической деятельности образуются тела застывшие вблизи земной поверхности. Породы по составу близки к застывшим лавам. Они образуют неки, силы, штоки, лакколиты.

Условия залегания зависят от состава и физико-географической обстановки в которой происходило извержение. Кислые лавы накапливаются вблизи извержения, образуя вокруг кратера конусы с высокими крутыми склонами. Средние и основные лавы подвижны и распространяются на значительное расстояние от центра извержения.

Условия накопления вулканогенных толщ в наземных и подводных средах редко различимы. В наземных условиях лавовые штоки покрывают поверхность земли, неровности рельефа, часто это речные террасы, что позволяет установить время их образования.

Вулканогенные толщи, образованные в наземных условиях, отличаются резкой изменчивостью мощностей и насыщенностью плохо отсортированным пирокластическим материалом. Стекло лав и туфов со временем окисляется и приобретает красно-бурый цвет. Для них характерна плитчатая, параллельная и столбчатая отдельность.

Вулканогенные толщи подводного излияния во многом отличаются от вышеописанных. Относительно ровный рельеф морского дна способствует формированию выдержанных по мощности покровов, залегающих согласно среди морских осадков. Прослой пепла нередко хорошо отсортированы. Осадочные породы, часто переслаивающиеся с лавами, имеют морское происхождение (известняки, песчаники, аргиллиты и т.д.). Эти же породы замещают лавы по простирацию. Для них характерна подушечная и шаровая отдельность (образующиеся при быстром остывании), размеры которых достигают 3м в поперечнике.

Текстуры эффузивных пород сложны и отражают скорость остывания,

условия накопления лавовых потоков и характер их движения, химический состав и газовый режим магмы.

Слоистость. Чередование потоков различного состава, обладающих разной окраской, текстурой и структурой (в кровле и подошве).

Флюидалность часто присутствует среди пород кислого и щелочного состава, как правило, граничным поверхностям, отражает движение частиц внутри потока (спиралеобразные, круговые, сложные завихрения).

Определение возраста эффузивных пород

Сложная и трудная задача, которая решается с разной степенью достоверности, следующими методами:

1. Пустоты от разложившихся организмов и их скелетов, захваченных лавами при подводных излияниях. Если эти пустоты залить гипсом, то можно получить слепки форм ископаемых организмов и по ним определяется относительный возраст. Но такие случаи редки.

2. Среди вулканогенных толщ часто заключены слои осадочных пород с остатками фауны, флоры, спор и пыльцы. Для окаменелостей благоприятны известняки и мергели, спор и пыльцы – глинисто-мергелистые и сланцевые породы.

3. По возрасту перекрывающих и подстилающих их осадочных пород, если между ними постепенный переход.

4. Верхняя возрастная граница может быть определена по залеганию на них фаунистически охарактеризованных толщ. Эффузивы в таких случаях – более древние.

5. Нижняя возрастная толща устанавливается по обломкам пород, захваченных лавами из верхних границ подстилающих толщ. Эффузивы в таких случаях – более молодые.

6. Косвенные – пространственное размещение туфогенных пород.

Выявление очагов излияния важно для понимания условия образования и залегания эффузивных пород. Это возможно для молодых вулканов кайнозойского возраста. Большую помощь в этом оказывают аэрофотоснимки. Молодые вулканы хорошо выражены в рельефе (влк. Эльбрус, Казбек). Их конусообразные возвышенности с кратером легко опознаются по характерной форме гор. Более древние (мезозойского и палеозойского возраста) – эродированы, определяемые косвенными признаками: увеличением мощности к центру, наличием грубообломочного материала, по геоморфологическим признакам: некки и жерловые фации – останцы.

Картирование в областях развития эффузивных пород

Для изучения эффузивов используются структурно-петрографические методы и методы исследования применяемые при изучении осадочных пород (стратиграфии, фациальный анализ).

Структурно-петрографический метод устанавливает :

- состав и внутреннее строение лавовых потоков;
- степень раскристаллизации лавы;

- ориентировку порфировых выделений, полосчатости и других текстурных признаков;
- характерные формы отдельностей (столбчатая, призматическая и др.);
- форму застывания потока (глыбовая, волнистая);
- трещины и их замеры.

Метод стратиграфии, фациальный анализ и метод структурной геологии позволяет установить условия их залегания, последовательность напластования, фациальные соотношения и их возраст. Часто наблюдается переслаивание эффузивных пород с осадочными. Они могут залегать согласно или со стратиграфическим несогласием. Эффузивные породы вместе с осадочными могут быть смяты в складки, тогда для них определяются элементы залегания пласта.

Изображение эффузивных пород на геологических картах

Эффузивные породы на геологических картах изображаются также, как и осадочные, т.е. расчленяются по возрасту и составу. Для них также измеряются мощность слоев и их элементы залегания.

В отличие от осадочных пород, состав которых не указывается на картах, состав вулканогенных образований наносится на карту черным крапом по возрастной окраске. Форма крапа обозначает состав пород.

В мощных толщах выделяются отдельные циклы или этапы вулканической деятельности. Основное значение имеет состав пород, условия образования и форма залегания.

Формы залегания метаморфических пород

К метаморфическим породам относятся преобразованные осадочные или магматические породы в условиях высокого давления, высокой температуры и воздействия химически активных веществ. Метаморфизм может быть:

1.Локальный (местный, контактовый) –изменение вмещающих пород. Возраст от древнейших до неогеновых.

2.Региональный проявлен, в основном, в породах архея, нижнего реже верхнего протерозоя.

Метаморфические породы осадочного происхождения залегают в форме складчато-слоистых комплексов и обладают слоистостью, которая имеет ритмичное строение. Слоистость отражает различие в составе исходных пород. Ритмичная слоистость позволяет установить положение кровли и подошвы дислоцированных толщ. Для метаморфических пород также характерна ясная ориентировка в одном направлении минералов (слюда, хлорит, амфиболит и т.д.). Это явление называется **кристаллизационной сланцеватостью**, или нет ориентации в гнейсах – **гнейсевидностью**.

Сланцеватость и гнейсевидность возникают в породах в процессе их преобразования при метаморфизме и являются вторичными. **Кристаллизационная сланцеватость** и **гнейсевидность** могут совпадать с первичной слоистостью и не совпадать.

Метаморфические породы интрузивных пород наследуют форму

последних.

Характерными особенностями текстуры метаморфических пород является:

- вторичная слоистость или полосатость, обусловленная неоднородностью состава исходной породы;
- сланцеватость, способность кристаллических сланцев и гнейсов раскалываться на тонкие пластинки вдоль поверхностей ориентировки и по плоскостям спайности.

Картирование в области распространения метаморфических пород

Задачи при картировании:

- установление исходного материала (осадочные или вулканические);
- установление причин и типа метаморфизма. По соотношению сланцеватости со слоистостью определяют направление давления, устанавливают содержание вторичных минералов, выясняют степень метаморфизма;
- определяют возраст и стратиграфическое расчленение метаморфической толщи по трем методам.

1 — определение относительного возраста по угловым несогласиям в напластовании;

2- определение верхнего возрастного предела метаморфических пород по прорыванию их интрузивами;

3- определение возраста методами радиоактивного распада (свинцовым, калий-аргоновым).

- изучение приконтактных зон с интрузиями;
- изучение полезных ископаемых рудных и нерудных;
- геофизические методы — электроразведка, магниторазведка, гравиразведка и сейсморазведка.

Для выяснения природы метаморфической толщи строят разрезы вкрест простираения пород. Составляется геологическая карта изображающая метаморфические толщи. Карта имеет вид обычной геологической или структурно-петрологической карты.

ОБЩИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ РАЗВИТИЯ ЗЕМНОЙ КОРЫ

Поверхность нашей планеты имеет сложное строение. Большая часть ее (5/8) покрыта океаническими бассейнами и лишь 3/8 представляют собой возвышающуюся над уровнем океанов сушу, образующую шесть крупных материковых массивов. На основании глубинного сейсмического зондирования и гравиметрических данных в настоящее время с полной уверенностью можно говорить о резких принципиальных отличиях в строении земной коры океанических впадин и континентов.

Земная кора по различию в скоростях прохождения сейсмических волн и плотности слагающего ее вещества делится на три условных слоя: нижний — со скоростью прохождения продольных сейсмических волн от 6,5 до 7 км/сек — **базальтовый (габбровый по составу)**, средний — со скоростями продольных волн 5,5—6,1 км/сек — **гранитный (гнейсово-гранитный)**,

верхний слой **осадочных пород** со скоростями продольных волн от 3,5 до 5 км/сек. Переход от гранитного слоя к базальтовому (раздел Конрада) характеризуется скачкообразным повышением скоростей волн от 5 до 5,5 км/сек. Соотношения этих слоев под океанами и на материках неодинаковы.

Океанический тип строения земной коры развит во внутренней части Тихого океана и на огромных пространствах Атлантического и Индийского океанов. Осадочный слой под океанами или отсутствует, или имеет толщину не более 1 км; легкого гранитного слоя под океанами также почти нет, и только цепи подводных возвышенностей представляют собой узкие полосы и ленты относительно легких магматических пород, толщина которых не превышает 5—8 км. Основная часть пространства океанического ложа представлена базальтовым слоем, толщина которого в среднем 5 км.

Материковый тип земной коры характеризуется почти повсеместным развитием всех трех слоев. Мощность осадочного и гранитного слоев на материках достигает 35-40 км, а базальтового 25-40 км. При этом наибольшие мощности слоя отмечаются под высокогорными областями (Средняя Азия, Кавказ), а пониженные значения характерны для областей с равнинным рельефом.

Помимо океанического и материкового типов земной коры существует еще **промежуточный тип**, свойственный областям, переходным от океанического ложа к континентам. В промежуточном типе коры гранитный слой либо слабо развит, либо совсем отсутствует, и сразу же под мощным (до 15 км) осадочным слоем располагается базальтовый. Кора промежуточного типа развита под островными дугами западных окраин Тихого океана, а также под некоторыми внутренними морями: Черным, южной частью Каспийского.

Ниже поверхности Мохоровичича расположена мантия Земли, сложенная в верхних своих частях ультрабазитами (перидотит-дунит).

Океанические впадины

Строение океанических впадин изучено еще далеко недостаточно и может быть намечено в самых общих чертах.

Изучение рельефа океанического дна, состава и возраста осадков и геофизические материалы позволяют выделить в земной коре под океанами следующие структуры: океанические платформы, валы, внутриокеанические подвижные пояса, срединные хребты, глубоководные желоба и глубинные разломы.

Строение континентов

Основными структурными элементами земной коры на континентах, в областях архипелагов и неглубоких морей, являются складчатые области (орогены) и платформы (кратогены). Эти две важнейшие категории материковых структур отчетливо выделяются в позднем докембрии, палеозое, мезозое и кайнозое.

Ядрами современных платформ являются докембрийские или палеозойские и мезозойские консолидированные массивы, окончившие свое геосинклинальное развитие еще в докембрии или палеозое.

СТРОЕНИЕ СКЛАДЧАТЫХ ОБЛАСТЕЙ

Складчатые области — это такие участки земной коры, которым свойственна особенно интенсивная и многообразная подвижность. Складчатым областям свойственно также широкое развитие вулканизма, проявляющегося как в эффузивной, так и в интрузивной форме. В связи с наличием резко выраженного рельефа и существованием горных массивов отложение осадков во впадинах складчатых областей (происходит ли оно в море или на суше) совершается весьма интенсивно, и здесь накапливаются особенно мощные толщи осадочных пород.

Таким образом, основные признаки складчатых областей следующие:

1. Высокая подвижность, т. е. проявление интенсивных вертикальных и горизонтальных движений отдельных участков земной коры. Движения характеризуются большими градиентами скоростей, амплитудами и быстрой сменой знака. Скорости достигают нескольких миллиметров, а в отдельных случаях и сантиметров в год. Горизонтальные движения проявляются в образовании линейной складчатости и перемещений вдоль разрывов.

2. Раздробленность земной коры.

3. Напряженная складчатость.

4. Большая мощность осадочных пород.

5. Интенсивная эффузивная и интрузивная деятельность.

6. Особый состав формаций горных пород.

7. Широкое развитие процессов метаморфизма.

8. Проявление металлогенических процессов, связанных с интрузивной деятельностью.

9. Резкий горный рельеф.

Формации

В осадочных и вулканогенных толщах отчетливо выделяются комплексы пород, образующиеся при сходном тектоническом режиме и имеющие одинаковое происхождение. Такие комплексы называются **формациями**. Каждая формация характеризуется определенным составом слагающих ее пород, мощностью, областью распространения и отношением к прилегающим формациям в вертикальном разрезе и горизонтальном направлении. Чрезвычайно важна связь отдельных видов полезных ископаемых с определенными формациями.

В складчатых областях, наиболее широко распространены следующие формации:

- 1) аспидная, или граувакковая, состоящая из чередования граувакковых песчаников и сланцев с подчиненным количеством вулканических и кремнистых пород;

- 2) флишевая, состоящая из тонкоритмичного чередования песчаников,

алевролитов, мергелей и известняков. В зависимости от состава выделяется песчано-глинистый, песчано-глинисто-карбонатный и глинисто-карбонатный флиш;

3) глинистых сланцев, состоящая в основном из глинистых сланцев или аргиллитов с подчиненными прослоями алевролитов и песчаников;

4) яшмовая, сложенная яшмами, песчаниками, туфами и глинистыми сланцами;

5) джеспилитовая, состоящая из железных руд (гематита), кремнистых пород и железистых кварцитов;

6) глинистых известняков, мергелей и рифовых известняков, сложенная чередующимися пластами известняков, мергелей и иногда доломитов;

7) офиолитовая, состоящая из сложного комплекса основных лав, чередующихся с кремнистыми породами и туфами;

8) основных и средних лав (базальты, андезиты);

9) кислых лав (в основном липариты);

10) молассовая, состоящая из обломочных сероцветных и красноцветных пород и частично известняков, образовавшихся в прибрежных морских или континентальных условиях.

В вертикальных разрезах складчатых областей в расположении формаций одного геосинклинального этапа обычно наблюдается определенная последовательность. В начальные стадии их развития возникают офиолитовая и другие эффузивные формации. В средние фазы этапа образуются яшмовая формация, затем аспидная и флишевая. Место яшмовой формации могут занимать формации глинистых сланцев или известняков; в заключительные фазы возникает молассовая формация. Чрезвычайно важно также свойство различных одновозрастных формаций замещать друг друга в горизонтальном направлении.

Структурное расчленение складчатых областей

Синклинирием называется сложный комплекс складок, имеющий в поперечном сечении общую форму крупной синклинали. Складки, составляющие **антиклинорий**, наоборот, имеют общую форму антиклинали (рис. 34).



Рис. 34. Схема строения антиклинория (a) и синклинория (с)

Заслуживают особого внимания синклинории, получившие название **межгорных прогибов**. Межгорные прогибы заполняются порфировой наземной вулканогенной и молассовой формациями. В основании их, как правило, располагаются морские тонкообломочные осадки (глины, алевролиты, тонкозернистые пески, нередко прослои и пачки известняков), часто с правильной повторяемостью слоев (нижняя молассовая формация), а также вулканогенные породы (порфировая формация), выше залегают лагунные образования, угленосные или соленосные толщи и заканчивается разрез красноцветными континентальными грубообломочными породами — верхней молассовой формацией.

Краевые прогибы

Краевые прогибы представляют собой очень крупные и нередко сложные впадины, располагающиеся на границе между складчатыми областями и платформами и имеющие строение синклиналиев.

Формации краевых прогибов во многом отличаются от формаций складчатых областей и платформ как по составу, так и по заключающимся в них полезным ископаемым. Особенность условий образования формаций краевых прогибов выражена в том, что они накапливаются перед превращением складчатых областей в платформу, при интенсивно формирующихся и воздымающихся складчатых сооружениях складчатых областей и компенсированном осадконакоплении в самих прогибах. Наиболее распространены в краевых прогибах следующие формации.

Молассовая формация, сложенная мощными толщами терригенных пород с неправильным чередованием слоев с неравномерным распределением в них обломочного материала. Эти породы состоят в основном из песчаников, конгломератов и аргиллитов, нередко красноватых; иногда в них заключены линзы углей. Молассы обычно обладают огромными мощностями и образуются за счет обломочного материала, снесенного с развивающихся поднятий в складчатых областях. В молассах нередко заключены залежи углей, нефти и газа. Различают нижние и верхние молассы.

Угленосная формация, развитая в краевых прогибах очень широко (Кузбасс и др.). Она представляет собой чередование песчаников, аргиллитов, известняков и пластов угля.

Галогенная формация, состоящая из соленосных песчано-глинистых пород или соленосных толщ с залежами каменных и калийных солей.

Формация барьерных рифов, состоящая из известняков, часто заключающих залежи нефти и газа.

Существенной особенностью краевых прогибов является отсутствие в них проявлений магматической деятельности. Вследствие этого в краевых прогибах не встречаются месторождения полезных ископаемых, связанных обычно с различными формами интрузивной деятельности.

Глубинные разломы

Глубинные разломы характеризуются глубиной заложения и огромным пространственным протяжением. Они, по-видимому, во многих случаях проникают в глубину на многие десятки и, вероятно, сотни километров. Развиваясь в течение длительного времени, охватывающего несколько периодов или даже эр, глубинные разломы контролируют распределение формаций осадочных пород и играют главную роль в размещении в земной коре вулканогенных и интрузивных пород и рудных месторождений.

Магматизм

Интенсивное проявление магматической деятельности как в эффузивной, так и в интрузивной формах составляет одну из самых характерных особенностей развития складчатых областей.

Г. Штилле выделяет четыре следующие одна за другой стадии магматизма:

- 1) начальный (инициальный) геосинклинальный магматизм;
- 2) синорогенный магматизм орогенических фаз;
- 3) субсеквентный (посторогенный) магматизм квазикратонных периодов;
- 4) конечный магматизм вполне кратонных периодов.

Начальный магматизм связан с мантией и проявляется главным образом в виде основного вулканизма в начальные этапы развития складчатых областей. При этом образуются также силлы, штоки и другие гипабиссальные тела. Синорогенный магматизм тесно связан с главными фазами складчатости и является коровым. Выражается в формировании крупных массивов гранитоидов. Субсеквентный магматизм также обусловлен процессами в земной коре. При этом происходит накопление вулканитов андезитового, дацитового и липаритового состава в последние стадии геосинклинального развития. Конечный магматизм подкоровый и проявляется на платформах в виде образования «платобазальтов», траппов и иных накоплений основных вулканитов, а также щелочных пород (трахитов, риолитов, фонолитов).

СТРОЕНИЕ ПЛАТФОРМ

Выше отмечалось, что с окончанием геосинклинального режима складчатые области или их отдельные части превращаются в платформы, после чего их дальнейшее геологическое развитие идет по пути, свойственному платформенным областям.

Платформы характеризуются двухъярусным строением. Их фундаментом или цоколем служат в той или иной степени метаморфизованные и пронизанные интрузивными породами складчатые образования, возникшие при геосинклинальном развитии; верхний ярус составляет покров осадочных пород, накопившихся при платформенном режиме. Осадочный чехол отделен от фундамента резко выраженным несогласием, и слагающие его породы, как правило, неметаморфизованы и слабо нарушены, залегают горизонтально или почти горизонтально.

Формации

Наибольшим распространением в осадочном чехле платформ пользуются следующие ассоциации формаций:

- 1) карбонатные и глауконито-карбонатные, сложенные органогенными и хемогенными известняками, мергелями с примесью глауконита, доломитами и в подчиненном количестве глинистыми породами. Образуются в открытых морях и лагунах;
- 2) красноцветная и галогенная, состоящие из красноцветных песчаников, аргиллитов и конгломератов, фациально замещающихся солями, гипсами и доломитами;
- 3) морские обломочные, сложенные толщами мелкозернистых песков, песчаников, глин, реже конгломератов и мергелей. Для песков характерно присутствие глауконита;

4) континентальные, среди которых различаются формации влажных равнин, аридных равнин и комплекс ледниковых образований. Среди формаций влажных низких равнин наибольшее значение имеют угленосные толщи, аллювиальные отложения и кора выветривания;

5) трапповая, представленная сложным комплексом пластовых интрузий и залежей основного состава (долериты, порфириды, габбро) заключенных среди туфов, туффитов и осадочных пород. Траппы широко развиты в осадочном чехле Сибирской платформы, где имеют возраст от среднего карбона до нижней юры.

Структурное расчленение платформ

Наиболее последовательное и детальное расчленение платформ на отдельные структурные элементы предложено Н. С. Шатским. Им выделяется несколько групп структур. Наиболее крупные из них носят название щитов и плит. Среди них в свою очередь могут быть выделены подчиненные им структуры: синеклизы, антеклизы и авлакогены. К мелким структурам платформ относятся отдельные складки, валы, флексуры, разрывы и трещины. Особое место на платформах занимают глубинные разломы.

Щитами называются части платформ, складчатое основание которых отличается относительно высоким положением, благодаря чему на щитах часто отсутствует осадочный покров или он имеет незначительную мощность.

Плиты в противоположность щитам представляют собой отрицательные тектонические структуры (опущенные), вследствие чего их осадочный чехол достигает значительной мощности.

Синеклизы представляют собой чрезвычайно плоские прогибы, имеющие синклинальное строение с едва заметным падением слоев на крыльях (от долей метра до 2, реже 3—4 м на километр). Эти прогибы занимают всегда очень большую площадь и имеют различную форму.

Антеклизами, в отличие от синеклиз, называются положительные структуры, представляющие собой пологие поднятия, имеющие форму сводов. Антеклизы и синеклизы тесно связаны друг с другом; крылья синеклиз являются также крыльями соседних антеклиз.

Под названием «**авлакогены**» Н. С. Шатский выделил узкие, линейные впадины на платформах, ограниченные крупными разломами и сопровождающиеся опусканиями в фундаменте и глубокими прогибами в платформенном чехле.

Магматизм платформ

Магматическая деятельность в пределах платформ проявляется в слабой степени.

Интрузии кислого и щелочного состава, известные на платформах, имеют незначительные размеры и сконцентрированы главным образом на их окраинах. Значительно шире на платформах распространены магматические

процессы, приводящие к образованию основных пород, получивших название «трапповой формации».

Начальные и средние фазы траппового магматизма, по А. П. Лебедеву, были главным образом эффузивными. В это время возникли покровы базальтов и долеритов и накопилось значительное количество туфов. Заключительная фаза выражена в образовании пластовых залежей (силлов), образующих многоэтажные внедрения и реже секущие тела в виде жил, даек, столбообразных штоков, трубок и иногда сети тонких неправильных жил (штокверков). Время образования трапповой формации на платформах связывается с периодами их общего растяжения.

Слабая интрузивная деятельность на платформах является основной чертой их развития, отличающей платформы от складчатых областей. Возможно, что переход из геосинклинальной стадии в платформенную вызывается главным образом прекращением образования кислой магмы.

Тема 9.3 Геологическое, гидрогеологические и инженерно-геологическое картографирование

Геологическая съёмка

Геологической съёмкой называется совокупность работ по сбору полевых материалов и по составлению геологической карты того или иного типа. Комплексные геологические съёмки подразделяются на общие или региональные и детальные. Общие (региональные) съёмки делятся по способу выполнения на маршрутные, выполненные при помощи отдельных маршрутов, и площадные, при которых обследуется с большей или меньшей детальностью вся площадь территории.

По методике выполнения все геологические съёмки подразделяются на:

- 1) съёмки при помощи маршрутных пересечений вкрест простирания структур и пород (применяются в основном при мелкомасштабных съёмках);
- 2) съёмки, при которых кроме маршрутных исследований прослеживаются геологические границы и стратиграфические (маркирующие) горизонты на всей изучаемой площади (применяются при крупномасштабных съёмках);
- 3) съёмки при помощи оконтуривания и изучения обнажённых участков с выходами тех или иных пород (применяются при крупномасштабных съёмках).

Масштабы геологических съёмок

Геологическая съёмка и поиски проводятся планомерно и комплексно, с постепенно возрастающей детальностью исследований – от мелкомасштабных съёмок (1:1 000 000 – 1: 500 000), среднемасштабных (1:200 000, 1:100 000) и крупномасштабных (1:50 000, 1:25 000) до детальных (1:10 000 и крупнее).

Мелкомасштабные съёмки позволяют получить обзорные и региональные геологические карты. В настоящее время они не проводятся, а мелко-

масштабные карты составляются путём обобщения материалов, полученных при более детальном съёмке.

Среднемасштабные съёмки проводятся с целью изучения основных черт геологического строения территорий, прогнозной оценки в отношении полезных ископаемых до глубины, при которой экономически целесообразна их добыча. При проведении среднемасштабных съёмок должно обязательно проводиться геологическое дешифрирование аэрофото- и космофотоснимков, шлиховые, геофизические (гравиметрические, радиометрические, магнитные, электрические, сейсмические) и геохимические исследования, а также применение мелких горных выработок и буровых скважин.

Крупномасштабные съёмки ведутся в первую очередь в горнопромышленных районах. Для этих съёмок применимы все положения, используемые при среднемасштабной съёмке. Но большее внимание уделяется выяснению глубинного геологического строения и поискам полезных ископаемых.

Детальные съёмки проводятся в районах расположения полезных ископаемых или непосредственно на территории разведываемого месторождения, а также в районах инженерно-геологических изысканий, строительных работ и др. Детальные съёмки обычно являются специализированными, т.е. направлены на решение конкретных задач. Вместе с тем, некоторые виды геологических исследований здесь могут быть сокращены или опущены. Большое значение приобретают горные выработки и скважины и специальные геофизические методы. Материалы этих съёмок являются основой, как рационального направления геологоразведочных работ, так и подсчёта запасов полезных ископаемых, разработки проектов эксплуатации, ведения горно-подготовительных и эксплуатационных работ на месторождениях.

Кроме рассмотренных выше видов съёмок иногда бывает необходимость в проведении *глазомерной, полуинструментальной или инструментальной съёмки*.

Виды геологических съёмок

В зависимости от геологической изученности, объёма ранее проведённых работ и целенаправленности выделяют: полистную и групповую съёмки, аэрогеологическое картирование, глубинную, объёмную съёмку, различные редакционные работы и доизучение ранее заснятых территорий.

Полистная геологическая съёмка проводится на площади 1-4 номенклатурных листов в течение 1-4 лет. Партия, ведущая съёмку, состоит из геологосъёмочного и поискового отряда, а при необходимости может включать специальные отряды - горный, стратиграфический, геофизический, геохимический и др.

Групповая съёмка является наиболее распространённым видом работ масштаба 1:200000 и 1:50000. Она обычно организуется на больших площадях, включающих 10-20 листов. Продолжительность работ может составлять 3-4 года. Проводится несколькими партиями, каждая из которых проводит съёмочные работы в течение одного года на 1-2 листах. Съёмочные партии

сдают годовые отчёты о выполненных ими поисках и съёмках со всеми видами карт, предусмотренными инструкциями и проектом. По результатам работ первого года создаются рабочие схемы стратиграфии, интрузивной и вулканической деятельности, решаются вопросы тектоники, геоморфологии, составляются карты полезных ископаемых и намечаются возможные условия образования и локализации полезных ископаемых. Во второй и последующие годы район работ расширяется и охватывает всю намеченную для съёмки и поисков площадь. Для окончательных редакционных работ из состава съёмочно-поисковых партий выделяются небольшие отряды, которые проводят увязочные маршруты и решают спорные вопросы.

Иногда параллельно со съёмочными партиями организуются тематические партии, которые проводят исследования по определённым направлениям (стратиграфии, магматизму, полезным ископаемым, геоморфологии, четвертичной геологии и др.) и обеспечивают увязку работ отдельных партий. Тематические партии представляют монографические отчеты по разрабатываемым ими темам, сопровождающиеся необходимым набором карт (полезных ископаемых, прогнозных металлогенических, тектонических, геоморфологических и т.д.).

Заключительным результатом групповой съёмки, кроме годовых и заключительных отчетов партий, являются отчёт и комплект карт по всей закартированной территории в соответствии с требованиями инструкций.

Аэрофотогеологическое картирование (АФГК) производится с целью составления геологических карт путём использования аэрофото- и космодетектирования. Этот вид картирования обычно применяется для слабоизученных территорий с целью получения структурно-геологической информации в короткий срок и на большие территории. Составленные на основе материалов дешифрирования карты не могут отвечать требованиям кондиционных карт и соответственно служат только для целей прогнозирования и выбора площадей, перспективных для более детального изучения в геологическом и поисковом отношении.

Глубинное геологическое картирование (ГГК) проводится в районах или в пределах структур, для которых установлены положительные перспективы в отношении полезных ископаемых. Для эффективного проведения ГГК кроме наземных геологических исследований необходимо проведение бурения, комплекса геофизических, геохимических и прочих исследований.

Объёмное геологическое картирование (ОГК) проводится там, где необходимо выяснить положение геологических объектов (рудных тел, скоплений руд или других скрытых месторождений полезных ископаемых) до какого-либо глубинного уровня (200м, 500м и др.) с точностью, принятой для геологических карт того же масштаба. В результате проведения ОГК создаётся модель объёмного строения геологических объектов, имеющих практическое значение. При ОГК используется бурение, геологические, геофизические, геохимические и прочие методы.

Дополнительное изучение (доизучение) ранее заснятых площадей (ГДП). В связи с тем, что геология как наука не стоит на месте, а развивается, геологические карты устаревают примерно через 15-20 лет. Появляются новые данные по стратиграфии, магматизму, тектонике и т.д., меняются требования к кондиции карт, к минеральному сырью и т.д. Поэтому периодически возникает необходимость проводить дополнительные исследования на заснятых площадях. ГДП проводится на группе листов (от 4 до 20), имеющих общие черты строения. Работы могут иметь различные цели и задачи: редактирование ранее заснятых карт в разные годы и разными исполнителями; новые поиски новых или нетрадиционных полезных ископаемых; геохимические или специальные исследования; и т.д. ГДП может сопровождаться постановкой геофизических, геохимических и прочих исследований с обязательным использованием аэрофото- и космофотоснимков.

Все перечисленные виды геологосъемочных и поисковых работ регламентируются специальными инструкциями, которые были составлены во ВСЕГЕИ и изданы отдельными выпусками издательством «Недра» под руководством бывшего Министерства геологии и под редакцией А.С. Кумпана.

Гидрогеологическая съемка

Гидрогеологическая съемка представляет собой комплекс полевых исследований, выполняемых с целью изучения и картирования подземных вод, их естественных коллекторов и бассейнов, а также пород зоны аэрации. Гидрогеологическое изучение территории осуществляется на основе геологического строения, стратиграфии, литологии, тектоники, геоморфологии, а также климата, гидрографии и других факторов, предопределяющих условия формирования, залегания, распространения, движения, питания и разгрузки подземных вод. В результате выполнения съемочных работ должны быть выяснены и установлены: водоносность различных геологических образований и структур; условия залегания, распространения, движения, питания и разгрузки основных водоносных горизонтов и комплексов; выдержанность по площади и в разрезе водовмещающих и водоупорных пород; качественный состав, количество и условия использования различных типов подземных вод и основные естественные и искусственные факторы.

Гидрогеологическая съемка проводится или на геологической основе. Содержание гидрогеологической съемки меняется в зависимости от ее масштаба и назначения. По масштабу (детальности) гидрогеологические съемки делятся на мелкомасштабные (1:1000000-1:500000), среднемасштабные (1:200000-1:100000) и крупномасштабные (1:50000-1:25000 и крупнее). Мелкомасштабные съемки являются начальным этапом гидрогеологического изучения той или иной территории.

В зависимости от целевого назначения выделяются общие (или государственные) и специальные (или специализированные) гидрогеологические съемки.

Основная цель общей гидрогеологической съемки — планомерное и

комплексное гидрогеологическое изучение для выявления условий формирования, распространения и залегания различных типов подземных вод и предварительной оценки их режима и ресурсов. Результатом проведения общей гидрогеологической съемки являются государственная гидрогеологическая карта по отдельным планшетам, а также сводные карты РФ.

Общая гидрогеологическая съемка территорий осуществляется обычно в мелком и среднем масштабах. В настоящее время планомерное гидрогеологическое изучение территории осуществляется в основном в среднем (преимущественно 1:200000) и крупном (1:50000 - 1:25000) масштабах.

Специализированные гидрогеологические съемки выполняются с целью соответствующего гидрогеологического обоснования проектирования различных инженерных сооружений (систем водоснабжения, орошения, осушения и дренажа, гидротехнических сооружений, горнодобывающих предприятий и т. д.). Они, как правило, проводятся в крупном и реже в среднем масштабах (обычно крупнее 1:200000), отличаются целенаправленностью и спецификой осуществления гидрогеологического изучения, обеспечивающего эффективное решение поставленных задач.

Частные задачи съемок в зависимости от объекта исследования (и целевого задания могут быть весьма разнообразными и определяются проектом работ. Однако независимо от этого основной общей задачей специализированных съемок является составление специализированных гидрогеологических карт и разрезов, отражающих условия залегания и распространения всех установленных водоносных горизонтов и комплексов, условия питания и разгрузки подземных вод, характер и направление движения подземных вод, глубину залегания грунтовых вод и пьезометрических уровней напорных вод, химический состав и минерализацию подземных вод, характеристики фильтрационных свойств и других гидрогеологических параметров основных водоносных горизонтов и разделяющих их толщ, взаимосвязь водоносных горизонтов в разрезе между собой и с поверхностными водами, режим подземных вод.

Глубинность изучения перечисленных показателей и характеристик зависит от характера решаемых задач и во многих районах она может составить сотни метров (изучение пресных, минеральных, промышленных и термальных вод, захоронение сточных вод и т. п.).

Гидрогеологические съемки различных масштабов имеют много общего в плане обязательного освещения геолого-гидрогеологических условий изучаемого района и соответствующего выяснения и изучения перечисленных выше основных вопросов. Отличаются они глубиной изучения и картирования гидрогеологических условий, размерами картируемых объектов, а также детальностью их подразделения и точностью картирования. Чем крупнее масштаб гидрогеологической съемки, тем большее значение приобретают количественные методы определения показателей.

Гидрогеологическая съемка мелкого масштаба — наиболее эффективный способ планомерного изучения и картирования, неизученных и слабо изученных в гидрогеологическом отношении крупных регионов. В ее задачу входит картирование водоносных толщ и описание текущих в них подземных вод. Съемка должна открывать перспективы для последующих более детальных исследований, создавать основу для среднемасштабной гидрогеологической съемки. Поэтому она должна отличаться максимальной глубиной картирования и достигать по возможности зоны залегания подземных рассолов.

В области распространения многолетней мерзлоты съемкой должны быть охвачены все водоносные толщи, вплоть до подмерзлотных вод.

Материалы мелкомасштабной съемки используются для построения различного рода сводных и региональных карт, составления генеральных схем освоения новых территорий, схем комплексного использования и охраны водных ресурсов, а также размещения объектов промышленного и сельскохозяйственного производства.

Гидрогеологическая съемка среднего масштаба может проводиться на заснятых ранее мелкомасштабной съемкой площадях, а также и на территориях, где съемочные работы еще не выполнялись. При наличии мелкомасштабной карты основной задачей среднемасштабной съемки является более детальное изучение зон пресных, солоноватых и соленых вод, установленных по результатам мелкомасштабной съемки. При проведении среднемасштабной съемки осуществляется более дробное расчленение гидрогеологического разреза с выделением водоносных толщ пород, площади, распространения которых могут быть отражены на карте среднего масштаба.

Среднемасштабные гидрогеологические съемки — основной вид государственного картирования территории СССР, и к ним предъявляются повышенные требования (кондиции) в отношении их информативности и комплексности проведения исследований. В результате общей среднемасштабной гидрогеологической съемки должна быть получена информация о подземных водах, изучаемой территории с полнотой, соответствующей уровню промышленно-экономического потенциала района с учетом перспектив развития на ближайшие 10-15 лет всех отраслей народного хозяйства, в какой-либо степени связанных с использованием подземных вод.

В последнее время в число обязательных задач среднемасштабной (1:200000) и мелкомасштабной (1:500000) гидрогеологических съемок включается задача оценки естественных ресурсов подземных вод зоны интенсивного водообмена. Результаты съемки должны определять целесообразность и характер всех последующих исследований на картируемой территории, а именно: 1) основные направления поисковых и разведочных работ на различные типы подземных вод (пресные, минерализованные, минеральные, промышленные, термальные), 2) оценку условий мелиорации земель и воз-

возможностей использования различных типов подземных вод, 3) специализированные исследования и съемки более крупных масштабов.

Материалы среднемасштабной гидрогеологической съемки используются при разработке генеральных схем, технико-экономических обоснований (ТЭО).

Гидрогеологическая съемка крупного масштаба в настоящее время приобретает региональный характер. Она охватывает огромные территории, закартированные ранее в среднем масштабе. В ее задачу входит детальное изучение водоносных горизонтов, содержащих пресные, минерализованные и другие воды, представляющие наибольший интерес для народного хозяйства. Съемка должна включать более дробное подразделение и более точное картирование водоносных толщ и соответственно сопровождаться более детальной характеристикой подземных вод, площади, распространения которых могут быть отражены на карте этого масштаба. Наибольшее внимание при съемке уделяется тем гидрогеологическим факторам и элементам, изучение которых способствует эффективному решению поставленных перед съемкой практических задач.

Крупномасштабные съемки, являются специализированными, обеспечивающими решение разнообразных специальных задач на стадиях технического и рабочего проектирования.

Методика проведения гидрогеологических съемок и методы решения поставленных конкретных задач зависят от природных особенностей изучаемых территорий, целевого задания съемочных работ, технико-экономических условий осуществления исследований и других факторов.

Инженерно-геологическая съемка

Инженерно-геологическая съемка представляет собой комплекс работ, задача которых заключается в оценке условий территории, которая предназначена для хозяйственного освоения, либо уже освоена. В процессе съемки с разной степенью детальности изучаются геоморфологические особенности территории, ее геологическое строение, гидрогеологические условия, экзогенные геологические процессы, и свойства грунтов. Основным принцип этих работ - комплексный подход к исследованиям.

Съемка может производиться при наличии геологической карты масштаба, равного масштабу съемки или более крупного, и без геологической основы. В последнем случае проводится комплексная инженерно-геологическая съемка. При комплексной съемке помимо изучения инженерно-геологических условий для проектируемого строительства должны быть проведены поиски и дана предварительная оценка месторождений полезных ископаемых, в том числе месторождений стройматериалов, а также составлена геологическая карта.

Основные задачи инженерно-геологической съемки:

- изучение геологического строения, геоморфологических и мерзлотно-гидрогеологических особенностей, инженерно-геологических свойств пород, современных геологических процессов и явлений,

— выявление закономерностей пространств, изменения инженерно-геологических условий;

- установление взаимосвязей между отдельными компонентами инженерно-геологических условий;

- изучение взаимодействия геологической среды с существующими инженерными сооружениями (изучение опыта строительства и эксплуатации инженерных сооружений);

- установление истории формирования и современной тенденции развития инженерно-геологических условий;

- составление прогноза изменения инженерно-геологических условий в процессе хозяйственного освоения территории.

Инженерно-геологическая съемка включает следующие виды исследований:

- дешифрирование аэрофотоматериалов и аэровизуальные наблюдения; маршрутные наблюдения;

- проходка горных выработок (скважин, шурфов и т.п.);

- геофизические исследования;

- полевые изучения свойств грунтов, включая статическое и динамическое зондирование;

- лабораторные исследования состава и свойств грунтов и химического состава подземных вод;

- опытно-фильтрационные работы;

- стационарные наблюдения; специальные виды инженерно-геологических исследований, предусмотренные программой;

- камеральная обработка и составление отчетных материалов.

Состав работ, входящих в инженерно—геологическую съемку, может несколько изменяться в зависимости от природных, в том числе и геологических, условий и масштаба съемки.

Общепринятых классификаций масштабов инженерно-геологической съемки нет. В практике изысканий для гидротехнического строительства к мелкомасштабным относят съёмки масштаба 1:200 000 — 1:50 000, к средне-масштабным — 1:25 000 — 1:10 000, к крупномасштабным — 1:10 000 и 1:1000.

Масштабы инженерно-геологической съемки бывают мелкий (1:100 000 - 1:200 000), средний (1:25 000 - 1:10 000) и крупный (1:5000 и крупнее). Детальность определяется, исходя из поставленных задач и степени ответственности будущего сооружения.

Масштаб съемки зависит от вида строительства и стадии проектирования, а также изученности исследуемой территории и сложности ее инженерно-геологических условий.

Глубина изучения территории при инженерно-геологической съемке должна обеспечивать понимание закономерностей формирования инженерно-геологических условий, и при проведении средне- и крупномасштабной съёмки она не может быть меньше зоны активного влияния инженерных сооружений, строительство которых планируется на изучаемой территории.

Аэрофотосъемка и дешифрирование

Под *аэрофотосъемкой* понимают процесс фотографирования земной поверхности с воздуха при помощи аэрофотоаппарата.

Первые фотографии с воздуха, а именно с воздушного шара, были сделаны во Франции в 1855 году. Они были использованы для составления плана Парижа. Позднее французский геолог Эме Цивиаль фотографировал Альпы с высоких вершин, а затем на фотографиях выделял геологические контуры, т.е. впервые применил фотографирование земной поверхности с геологическими целями. С развитием авиации применение аэрофотосъемок для военных целей и составления топографических карт идет быстрыми темпами. Особенно широкий размах эти работы приняли после создания в начале 30-х годов XX века широкоугольных фотокамер, позволяющих вести плановые съемки в мелких масштабах. В нашей стране использование аэроснимков для разрешения геологических задач осуществлено в начале 1930-х годов, а именно широкое применение аэроснимков нашло при изучении нефтеносных районов Ферганы и Азербайджана

Фотографирование местности с воздуха может вестись не только с самолета, но и с вертолетов, воздушных шаров, аэростатов, дирижаблей, планеров и т.п. В таблице 1 приводятся характерные для воздушной съемки с разных летательных аппаратов высоты и масштабы фотографирования.

Высоты и масштабы фотографирования

Таблица 1

Высоты фотографирования, м	Летательные аппараты	Масштабы съемок
Менее 100	Привязные аэростаты, воздушные шары, вертолеты, модели самолетов, управляемые по радио	Крупнее 1: 1 000
100 – 1 000	Самолеты, вертолеты	1: 1 000 – 1: 10 000
1 000 – 2 000	Самолеты, дирижабли	1: 10 000 – 1: 40 000
10 000 – 20 000	Высотные самолеты, аэростаты в свободном полете	1: 50 000 – 1: 200 000

Основное требование к аэрофотосъемочному полету состоит в том, чтобы самолет летел строго по намеченному прямолинейному маршруту на одной заданной высоте и сохранял при этом максимально возможную устойчивость. В реальных условиях полета сделать это очень сложно, следит за полетом штурман-аэрофотосъемщик. За работой всего комплекса аэрофотосъемочной аппаратуры следит бортоператор. По данным о скорости и высоте

полета он определяет и устанавливает такой интервал съемки, при котором выдерживается определенное перекрытие снимков в маршруте.

Различают *плановую* и *перспективную* аэрофотосъемку. *Плановой* называется съемка, при которой оптическая ось камеры отклоняется от отвесной линии не более чем на 3° . При большем угле наклона съемка называется *перспективной*. В первом случае площадь, отображенная на снимке, будет меньше, но и искажения по краям снимка будут не так значительны, как при перспективной съемке.

В зависимости от характера покрытия местности снимками различают *одинарную, одномаршрутную* и *площадную аэрофотосъемку* (рисунок 1). Под *одинарной (выборочной)* аэрофотосъемкой подразумевается выборочное фотографирование небольших участков местности, покрываемых одиночными снимками. *Одномаршрутная* аэрофотосъемка применяется обычно для фотографирования линейных объектов местности – речных долин, ледников, шоссе и т.п. При *площадной* аэрофотосъемке участок местности сплошь покрывается снимками, принадлежащими серии прямолинейных съемочных маршрутов, прокладываемых параллельно друг другу.

В маршруте снимки перекрываются на заданную величину *продольного перекрытия*. Расстояние между маршрутами делается таким, чтобы снимки смежных маршрутов также перекрывались между собой, образуя зону *поперечного перекрытия* (рисунок 2)

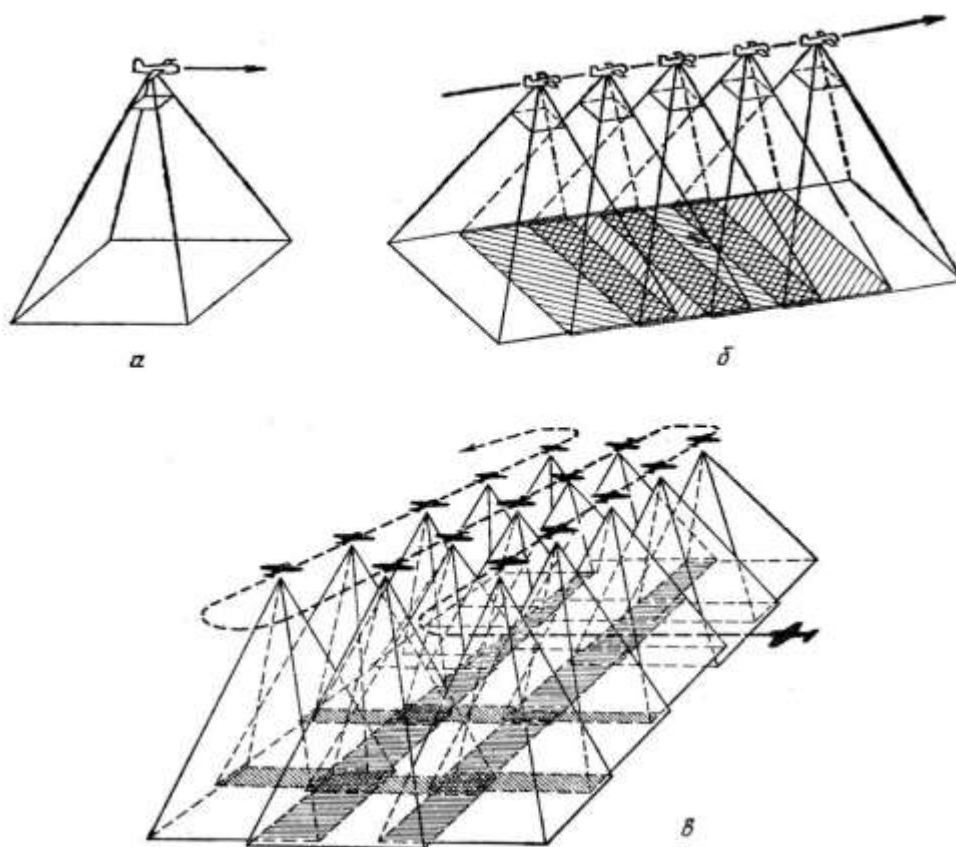


Рисунок 1. Схемы одинарной (а), одномаршрутной (б) и площадной (в) аэрофотосъемки

Аэрофотосъемка производится с помощью аэрофотоаппаратов, размер кадра которых может быть 18х18, 24х24 или 30х30 см. В аэрофотоаппаратах устанавливаются высококачественные объективы с фокусным расстоянием от 35 до 1000 мм (рис. 3).

По завершению летносъёмочных работ проводится фотолабораторная обработка отснятых аэрофильмов (негативов) с изготовлением контактной фотопечати аэроснимков с каждого аэронегатива. При этом перед контактной печатью все негативы аэрофильмов нумеруются, и на каждом из них в северо-восточном углу кадра помимо порядкового номера указывается также шифр данного объекта и дата съёмки. В некоторых аэрофотоаппаратах номер снимка впечатывается автоматически вместе с изображением уровня, циферблата часов, фокусного расстояния камеры и показаний высотомера (рисунок 5). Круговой уровень для определения угла отклонения оптической оси камеры от вертикали в момент фотографирования и часы с указанием точного времени фотографирования необходимы при определении положения, формы и размеров объектов по направлению и размерам их теней.

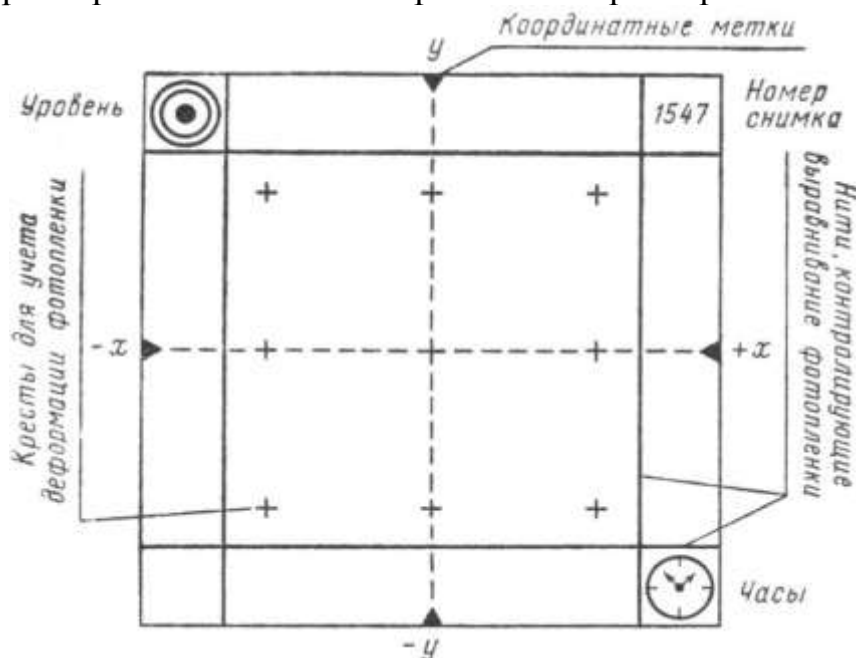


Рисунок 5. Схема аэрофотоснимка

Природные условия аэросъемки

Фотоизображение ландшафта существенно меняется в зависимости от условий освещения, состояния атмосферы, фазы вегетации растительного покрова и степени увлажненности земной поверхности. Поэтому при заказе аэрофотосъемки нужно учитывать время проведения летно-съёмочных работ и указывать их в заявке.

Влияние влажности. Влажность снижает яркость (отражательную способность) природных объектов, особенно рыхлых отложений, не покрытых растительностью и создает этим значительные контрасты яркости между сухими и влажными участками поверхности одинакового вещественного состава.

ва. Если аэросъемка проведена на распаханых землях, а также в степных и полупустынных районах весной, до начала вегетации и полного просыхания почвы, то глубинные структуры, от которых зависит скорость и степень просыхания поверхности, «просвечивают» через рыхлые отложения и хорошо дешифрируются на АС. После полного просыхания почвы контрасты исчезают, и на АС, отснятых позднее, обнаружить эти структуры уже нельзя. Различие влажности обычно способствует выделению рыхлых отложений разного возраста и состава.

Влияние условий освещения. Как правило, аэрофотосъемка производится в ясную погоду. Однако, на высотных АС и на КС встречаются изображения облаков и теней от них. Затененные участки имеются также на АС горных и лесных районов. В тени находятся крутые склоны и местность у их подножья (например, дно ущелья). Объекты, оставшиеся в тени, как правило, не прорабатываются. Поэтому, аэросъемку горных районов проводят тогда, когда площадь затененных участков наименьшая, т.е. при максимальной высоте солнца. От высоты и азимута Солнца зависит и яркость освещенных склонов. Обращенные к Солнцу участки освещены интенсивнее наклоненных в противоположную сторону, и тем сильнее контраст их яркости, чем больше крутизна склонов. Вследствие этого утренние и вечерние АС горного ландшафта очень сильно различаются между собой. При аэросъемке плоскоравнинной незаселенной местности рассматриваемые контрасты полезны, т.к. они подчеркивают микродетали рельефа, трудно различимые даже на стереомодели вследствие их плавности. Чтобы использовать их, нужно проводить аэросъемку при малых высотах стенца.

Воздушная дымка. Слой атмосферы, находящийся между объективом АФА и поверхностью Земли, имеет некоторую яркость, вызванную рассеянием прямого солнечного света. Это явление называют воздушной или атмосферной дымкой. Воздушная дымка создает фон, существенно снижающий контрасты природных объектов. Ее влияние зависит от высоты фотографирования, влажности, загрязненности атмосферы и высоты Солнца. При высоте фотографирования до 0,5 км влияние дымки незначительно. При увеличении высоты до 3 км оно растет пропорционально высоте, далее рост замедляется, и, начиная с высоты 7-10 км, практически останавливается. Воздушная дымка снижает контраст между темными объектами сильнее, чем между светлыми. Съемка при высоте Солнца 15-20° даже при отличной видимости приводит к тому, что большинство темных объектов местности на снимке сливается в общий фон. Для уменьшения влияния дымки используют светофильтры, отсекающие синефиолетовую часть спектра. Светофильтр уменьшает влияние дымки, но устраняет его не полностью.

Выбор сезона аэросъемки. Аэросъемочный период начинается весной, после полного освобождения поверхности Земли от снега и паводковых вод и продолжается до первого осенне-зимнего снегопада. В течение этого периода АФС можно проводить только в ясные, безоблачные дни при хорошей ви-

димости. На севере и северо-востоке России в зонах тундры и лесотундры аэросъемочный период продолжается всего 4-6 недель и ежегодно бывает только несколько дней, пригодных для съемок. При переходе от лесотундры на юг к тайге и далее, вплоть до зоны пустынь, аэросъемочный период удлиняется и появляется возможность более свободного выбора времени аэросъемки. Наибольшая высота Солнца достигается в мае, июне и июле и мало меняется в течение этого периода. К концу августа она в большинстве районов становится недостаточной, что является существенным аргументом против осенних аэросъемок. Дальность видимости чаще всего уменьшается в разгар лета, т.е. в июне-июле в равнинных южных районах, и в июле – в более северных. В таежной зоне, как правило, предпочтительнее АС, сделанные в начале аэросъемочного периода, до полного развития хвои у лиственниц и листвы у листопадного подлеска. В зоне смешанных лесов для АФС выделяются как наиболее благоприятные периоды до начала вегетации и до полного развития листвы, а также период ее пожелтения. Аэросъемка во время листопада или после него нежелательна, особенно в районах распространения рыхлых пород. Геоиндикационные особенности древостоя в это время не выявляются, а опавшая листва маскирует детали геологического строения местности. В лесостепи и степи, где значительные площади заняты сельскохозяйственными угодьями, оптимальный период аэросъемки – после распахки до полного высыхания почвы и появления густого растительного покрова. В пустынных и полупустынных районах АФС также лучше проводить весной, до полного высыхания почвы. Допустима и осенняя съемка, когда увлажнение почвы вновь увеличивается, а высота Солнца еще достаточно велика. В высокогорных районах аэросъемочным периодом является время, в течении которого площадь, покрытая снегом, минимальна. Обычно он начинается в июне и заканчивается в августе или сентябре. Оптимальный срок, учитывая высоту стояния Солнца, не позже середины июля.

Выбор времени суток. В мае, июне и июле почти во всех районах России Солнце имеет высоту порядка 40° и более в течении 5-7 часов. Этот период и следует использовать для съемки. В горных районах с сильно расчлененным рельефом, где требуется максимальная высота Солнца, съемочное время ограничивается четырьмя - пятью околополуденными часами. Крупномасштабную аэросъемку равнинных территории и слабозалесенных, предпочтительно вести при высоте Солнца $20-40^{\circ}$, в утренние или вечерние часы.

Дешифрирование аэрофотоснимков, то есть получение информации об объектах местности и геологических явлениях по их фотографическому изображению.

Термин «*дешифрирование*» имеет русское происхождение, несмотря на его иностранный корень. В иноязычных вариантах используется термин «интерпретация», что означает толкование. Для дешифрирования аэрофотоснимков требуется достаточно серьезная подготовка по геодезии, геоморфологии,

географии, аэрофотографии, фотограмметрии и картографии, а также в специальных областях исследования - геологии, лесном и сельском хозяйстве.

По назначению дешифрирование разделяют на:

1. Топографическое: опознают, изучают ситуацию и рельеф местности.
2. Специальное, инженерное: опознают и изучают те объекты и элементы местности, которые наиболее важны для решения поставленных задач.

Среди различных методов дешифрирования наиболее быстрым и не дорогостоящим является камеральный метод. Камеральное дешифрирование всегда выполняют с привлечением дополнительных материалов (справочно-картографических, отдешифрированных в натуре избранных аэроснимков, топографических карт и др.). Недостаток камерального дешифрирования состоит в том, что оно не может обеспечить 100%-процентную полноту и достоверность полученной информации. Наиболее трудоемким и дорогим – полевой метод. Полевое дешифрирование производят непосредственно на местности путем сопоставления аэрофотоснимка с натурой. Метод полевого дешифрирования является наиболее надежным, но требует больших затрат времени, сил и средств.

Сочетание камерального и полевого методов называют комбинированным дешифрированием.

Наиболее полно можно дешифрировать местность по крупномасштабным снимкам: чем крупнее масштаб, тем больше объектов и их деталей можно определить при дешифрировании.

Дешифрирование объектов местности рекомендуется выполнять в следующей последовательности:

- гидрографическая сеть;
- дорожная сеть и дорожные сооружения;
- населенные пункты и отдельные постройки вне населенных пунктов;
- линии электропередач и связи;
- растительный покров и грунты, а также элементы рельефа не выражающиеся в масштабе снимка горизонталями (овраги, промоины, курганы и т.д.).

Гидрографическая сеть

Элементы гидрографической сети на открытой местности достоверно дешифрируются по прямым признакам: темному тону изображения и извилистой форме русла. *Реки* несущие большое количество взвешенных наносов, а также быстро текущие (со вспененной водой) имеют на аэроснимке светлый тон изображения. Светлые участки изображения соответствуют также перекатам, а темные – плесам. Урез воды четко устанавливается по контрасту тонов изображения воды и суши. Общее направление течения определяется по ряду косвенных признаков: впадению притоков, конфигурации островов, расположению заводей, порогам, водопадам и т.п.

Канавы отличаются от естественных водотоков своей геометрически правильной конфигурацией и четкостью углов поворотов.

Озера, водохранилища и пруды, достоверно дешифруются на аэроснимках. Они изображаются на снимках в виде черных пятен округлой и овальной формы и имеют четкие границы.

Дорожная сеть и дорожные сооружения

Дороги дешифрируются на снимке в последовательности от высшего класса к низшему. Изображение дорог должно быть согласованно с изображением гидрографической сети, населенных пунктов и рельефа местности. Дорожная сеть и большинство связанных с ней объектов уверенно дешифруются на аэрофотоснимках. На аэроснимках все дороги изображаются в виде светлых линий и полос различной конфигурации и ширины.

Шоссе - автодорога с твердым основанием и покрытием из цементобетона, асфальтобетона, щебня или гравия. Ширина полотна не менее 6 м. Тон изображения шоссе зависит от покрытия проезжей части (бетон, асфальт или гравий).

Улучшенные грунтовые дороги – профилированные дороги, не имеющие прочного основания и покрытия; грунт проезжей части может быть улучшен добавками гравия, щебня, песка или других материалов. На аэроснимках выделяются следующими дешифровочными признаками: светлым тоном изображения, извилистыми очертаниями и небольшой постоянной шириной изображения полотна.

Грунтовые (проселочные) дороги, в отличие от шоссе и улучшенных грунтовых дорог не имеют специального покрытия, гораздо более извилисты, имеют более крутые повороты, различные объезды и раздвоения, во многих местах пересекают без насыпей овраги и балки, и без мостов – неглубокие ручьи и реки. Они обычно соединяют населенные пункты, их проходимость зависит от характера грунта и степени его увлажнения. На снимках характеризуются светлым тоном изображения (в сырых местах - темным).

Полевые и лесные дороги – это периодически используемые грунтовые дороги. Они изображаются в виде светлых тонких извилистых линий, обычно заканчиваются в полях и лесах. В лесах они теряются, а на открытой местности хорошо различимы.

Населенные пункты и отдельные постройки вне населенных пунктов

Населенные пункты резко выделяются на аэроснимках, благодаря своеобразным очертаниям. Рисунок населенного пункта образуется сочетанием построек и улиц. Постройки изображаются на аэроснимках в виде черно-белых прямоугольников, а улицы – в виде светло-серых полос. Населенные пункты сельского типа состоят из застроенных частей и примыкающих к ним огородам.

Дешифрирование населенных пунктов на снимках рекомендуется выполнять в следующей последовательности:

- выделить сооружения, являющиеся ориентирами (сооружения башенного типа), а также объекты, важные в социально-культурном и экономическом отношении;

- показать главные и прочие улицы и проезды, отображающие характер застройки;
- показать элементы гидрографической сети (реки, ручьи, озера, пруды и т.п.);
- показать строения, расположенные на перекрестках улиц;
- отработать внутреннюю структуру кварталов (показать строения и сооружения в них);
- отработать внешний контур (окраину) населенного пункта;
- показать растительный покров внутри населенного пункта и на его окраинах.

Растительный покров и грунты. При дешифрировании снимков различают следующие виды растительности и грунтов:

- древесную (леса, отдельные рощи и отдельные деревья);
- кустарниковую;
- травянистую;
- камышовые и тростниковые заросли;
- болота.

Древесная растительность подразделяется:

- по группам пород: на *лиственные, хвойные и смешанные леса*;
- по высоте и сомкнутости крон – на *леса*, при высоте деревьев более 4 м и сомкнутости крон свыше 0,2 и *поросль леса*, лесные питомники и молодые посадки при высоте менее 4 м.

Леса разного состава имеют на снимке зернистую структуру изображения, падающие тени и четкие границы. Лиственные породы на аэроснимках отличаются от хвойных светло-серым тоном изображения, овальной формой проекции крон, групповым расположением крон и разновысотным строением полога. Для елового леса характерны темно-серый тон изображения, зернистая структура изображения, резкая разновысотность полога, наличие падающей тени и конусообразной форма проекции крон.

Отличительными признаками зарослей кустарников является мелкозернистая, иногда смазанная структура рисунка изображения, серый или темно-серый тон, отсутствие или небольшая длина падающей тени, округлая или фестончатая форма контуров.

Болота – увлажненные участки местности со слоем вязкого грунта (торфа, ила) более 0,3 м. Болота изображаются с подразделением их *по степени проходимости* (проходимые и непроходимые или труднопроходимые) и *характеру растительного покрова* (травянистые, моховые и камышовые (тростниковые) и лесные). Основным прямым признаком дешифрования болот является структура их фотоизображения, образованная чередованием светлых и темных участков, точек и линий.

Облесенные и лесные болота распознаются по светлому размытому тону изображения и мелкозернистому рисунку, мозаичный рисунок присущ травяным болотам, а полосатый – моховым. Полосатость рисунка создается

за счет чередования четких светлых полос – гряд, и размытых темных полос – топей. Отличительными дешифровочными признаками лесного болота является темно- и светло-серый тон изображения, мелкозернистый рисунок, угнетенная, сильно изреженная древесная растительность, которая придает изображению более светлый общий тон. Травяное болото характеризуется темно-серым (без мелкой зернистости) тоном изображения, и мозаичным рисунком, за счет сильно обводненных участков, образующих темные пятна.

Заболоченные участки местности характеризуются меньшей степенью увлажненности, чем проходимые болота, и определяются, главным образом, по специфической растительности (осока) и малой толщиной (менее 0,3 м) или отсутствию торфяного слоя.

На аэроснимках опознаются некоторые *формы рельефа*, не выражающихся в масштабе съемки горизонталями: овраги, промоины, обрывы, осыпи.

Овраги на аэроснимках достоверно дешифруются, по характерному для них ветвистому рисунку изображения, четким граням, благодаря резкому контрасту между затененными и освещенными склонами.

Промоины, в отличие от оврагов, изображаются в виде тонких, чаще всего, темных полос и линий по склонам.

Обрывы легко опознаются по своей высоте (1,5 – 2 м и более), резким очертаниям, крутым скатам, различию в фототонах с окружающими задернованными склонами.

Осыпи отличаются от обрывов наличием шельфа.

Технические средства дешифрирования

Стереоскопы. Для геологического дешифрирования АС и КС могут быть использованы линзовые, зеркальные и зеркально-линзовые стереоскопы.

Линзовый стереоскоп – простейшая оптическая система из двух линз, в виде очков, лорнетов или установленная на специальную подставку. Увеличивает стереоизображение в 7 раз. Дают малую площадь стереоизображения и заметно утомляют зрение.

Зеркальные стереоскопы - портативные оптические приборы, удобные в полевых условиях. Это «циклоп», ЗС, СЗС, SLS2. Первый- отечественного производства, ЗС – ГДР, SLS2 – польский. «Циклоп» состоит из двух зеркал, расположенных на вертикальной стойке под углом 15° друг к другу. Нижний конец стойки крепится к подставке, состоящей из двух площадок. Первая площадка – неподвижный столик, куда крепится снимок, а левый, подвижный, под углом 30° к неподвижному – для левого снимка стереопары. Левый снимок рассматривается через систему зеркал – а правый невооруженным глазом.

Зеркально-линзовые стереоскопы – состоят из двух пар параллельно расположенных зеркал, наклоненных под $< 45^{\circ}$ к горизонту и укрепленных на общей планке, снабженной четырьмя раздвижными ножками. Стереоскоп ЗЛС-1 предназначен для стереоскопического просмотра аэроснимков. Уста-

навливается над любым столом площадью не менее 510 мм, оборудован автономным освещением для дешифрирования в отраженном свете и может работать с биноклярной насадкой или без нее. Без насадки достигается больший обзор, но с малым увеличением; насадка дает увеличение до $5^{\times}$, но уменьшает поле зрения.

Дешифрирование удобно проводить при помощи **стереоскопа** (рисунок 7). Стереоскоп состоит из двух малых зеркал С – С и двух больших А – А, которые прикреплены к корпусу. Стереоскопическое зрение основано на том, что предмет разглядывается одновременно с двух точек базиса под определенным углом, в зависимости от расстояния предмета до наблюдателя. У человека базисом служит расстояние между центрами зрачков правого и левого глаза.

Каждый глаз воспринимает изображение предмета самостоятельно, а при разглядывании обоими глазами два изображения, независимо от нас, воспринимаются как одно объемное изображение (в трех измерениях: длина, ширина и высота). На этом принципе основывается воспроизведение стереоскопической модели местности. Так как аэрофотосъемка проводится с обязательным перекрытием снимков, поэтому два соседних снимка имеют общие изображения в местах перекрытия, но снятые с разных положений самолета. Такие соседние снимки, которые дешифрируются при помощи стереоскопа, называются **стереопарами**.

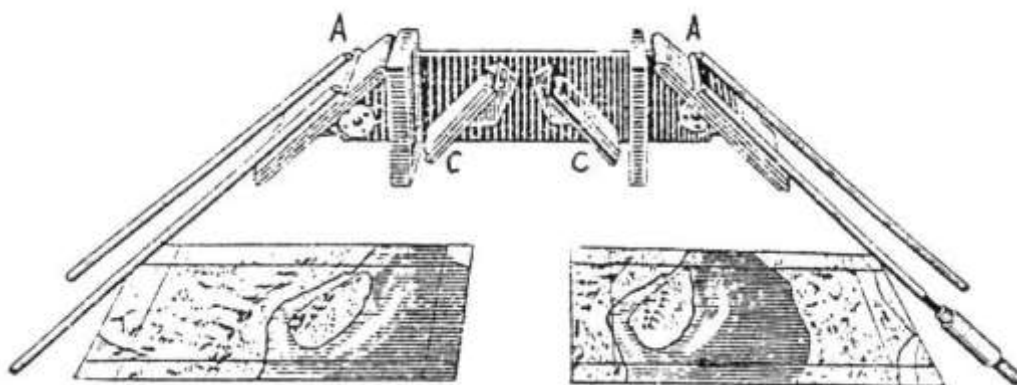


Рисунок 7. Стереоскоп

Стереоскопической парой (стереопарой) называют два аэрофотоснимка одного и того же объекта, полученных при фотографировании с двух различных точек пространства.

Для дешифрирования установите стереоскоп на столе. Для получения стереомодели местности аэрофотоснимки размещают в том же порядке, в каком проводилась аэрофотосъемка, то есть под левое зеркало кладем левый снимок, под правое – правый снимок. Для получения стереоэффекта нужно положить указательный палец на идентичные точки обоих снимков. Наблюдая в стереоскоп, добиваются совмещения пальцев, перемещая один из снимков относительно другого. Затем, убрав пальцы, пытаются совместить два

изображения одного и того же четкого контура в один. Плавно передвигая снимки в одной плоскости, пытаются получить стереоскопический эффект в пределах всего поля зрения стереоскопа при наименьшей зрительной нагрузке. В результате видят не два аэрофотоснимка, а одно пространственное изображение.

Определение изображенных на снимке объектов осуществляется на основе выявления прямых признаков объектов, непосредственно видимых на аэрофотоснимке, и косвенных, базирующихся на закономерных связях, существующих в природных территориальных комплексах, а также на сопоставлении снимка с топокартой. На аэро-фотоснимках обычно хорошо просматриваются типы местности со специфичной для них структурой урочищ.

Дешифровочные признаки объектов топографического дешифрирования

Таблица 4

№ п/п	Объекты топографического дешифрирования	Главные дешифровочные признаки
1	Пашня	В зависимости от увлажнения и типа растительности изменяется тон от светло-серого до серого. Искусственные прямолинейные границы контуров
2	Границы сельскохозяйственных угодий	Различие тонов объектов, по лесозащитным полосам, размещению полевых дорог, по берегам рек
3	Луг	Серый тон, криволинейные очертания, сухой луг светлее заливного
4	Темнохвойный лес	Пестрый рисунок из-за разновысотности деревьев. Кроны светлее и меньше, чем промежутки между ними. Стереоприборы позволяют выявить конусность деревьев
5	Сосновый лес	Однообразный светло-серый рисунок, характерный для примерно одинаковой высоты деревьев. Кроны закругленные
6	Лиственный лес	Значительно светлее хвойного, небольшие промежутки между кронами
7	Кустарник	Более слабый тон по сравнению с лесом, короткие тени. Нет густого сплошного массива, просек
8	Сады	Четкие ряды деревьев, которые изображаются на снимках в виде черных точек
9	Населенные пункты	Прямоугольники разных размеров, размещенных в разных направлениях. Сельские населенные пункты соединены между собой дорогами и размещаются возле рек, ручьев. Как правило, от сельских населенных пунктов в разных направлениях расходятся полевые дороги
10	Тропинки	Тонкие светло-серые линии
11	Проселочные дороги	Извилины, неровные края земляного полотна, его переменная ширина, часто теряются, когда доходят до какого-нибудь уголка: леса, реки и т.п.
12	Автомобильные	Очень светлые широкие полосы, обрамленные светлыми по-

	дороги	лосками (обочинами, кюветами). Геометрически правильные закругления
13	Железные дороги	Светлые полосы с плавными закруглениями, с прилегающими широкими полосами (полосами отвода). Часто вдоль дорог размещаются лесополосы
14	Мосты на дорогах	Изменение ширины полотна, тени от опор и пролетных строений
15	Скаты	Различная освещенность. Скаты, обращенные к солнцу, светлее ровных мест и скатов, наклоненных от солнца
16	Линии электропередачи и связи	На залесенных участках опознаются по просекам, на открытых местах – по незапаханным местам, на пашне – по теням
17	Водная поверхность	Водная поверхность глубоких и спокойных водоемов отображается черным цветом, который заметно светлеет в местах с песчаным дном, в водоемах с мутной водой, с поверхностью, покрытой рябью от ветра
18	Колодцы	Темные пятнышки (мокрые места) и ведущие к ним тропинки
19	Броды	Большое количество дорожек и тропинок, выходящих к берегу реки. В самом русле видны отмели светлого тона
20	Геодезические знаки (сигналы и пирамиды)	Сигналы и пирамиды на аэрофотоснимках М 1: 35 000 могут быть опознаны при расположении их на пашне при наличии незапаханной под знаком площади

Подготовительный период геологосъемочных, гидрогеологических и инженерно-геологических работ

Для успешного проведения полевых геологических работ по геологическому картированию требуется большая предварительная подготовка. Она включает пять видов работ: 1) предварительное изучение района работ по литературным, фондовым и другим данным, 2) составление проекта работ, 3) составление смет на расходы по работе, 4) подбор снаряжения, оборудования и укомплектования штата геологической партии, 5) подбор топографической основы, аэрофото- и космofотоснимков.

Предварительное изучение района работ

Предварительное изучение района работ включает: 1) изучение геологии, гидрогеологии и инженерно-геологических условий района, 2) изучение некоторых общих геолого-минералогических и прочих вопросов, 3) изучение специальных горно-геологоразведочных вопросов, 4) изучение специальных экономических и физико-географических вопросов.

Изучение геологии гидрогеологии и инженерно-геологических условий района лучше начинать с последних работ, постепенно переходя к знакомству с более старыми источниками, поскольку они могут быть устаревшими. После предварительного ознакомления с историей исследования проводится систематическая и углублённая проработка всех доступных материалов. Одновременно с проработкой материала производится выборка фактического материала, составляются необходимые карты фактических материалов и прочих данных на территорию изучаемого района, копируются геологиче-

ские и другие карты, производится предварительное дешифрирование аэрофото- и космofотоснимков.

Изучение общих геолого-минералогических, металлогенических и прочих вопросов проводится по материалам, отражающим общие вопросы геологии, стратиграфии, петрографии, минералогии, полезных ископаемых, гидрогеологии и др., имеющие отношение к изучаемому району.

Изучение специальных горно-геологоразведочных вопросов необходимо для того, чтобы при геологическом картировании произвести оценку встречаемых выходов полезных ископаемых по ограниченному количеству данных – не только по минералогическому составу, но и с точки зрения экономики данного полезного ископаемого.

Изучение специальных экономических вопросов включает в себя знакомство с первоочередными проблемами и задачами народного хозяйства региона, где проводится геологическое картирование. Оно необходимо для того, чтобы можно было предложить по результатам работ необходимые данные для решения задач народного хозяйства (транспортных, строительных, мелиоративных и др.).

Составление проекта работ

После получения предварительных сведений о районе, его геологии, гидрогеологии и полезным ископаемым составляется проект геолого-съёмочных работ. Он содержит: 1) проектное задание, 2) краткую физико-географическую, геологическую, гидрогеологическую и экономическую характеристику района работ, 3) карту проектируемых маршрутов и объяснительную записку к ней, 4) обоснование методики и объёмов работ и календарных сроков их исполнения, 5) списки необходимого персонала, 6) списки оборудования.

Проектное задание содержит указания о характере геолого-съёмочных и поисковых работ, масштабе съёмки, площади картируемого района, границах района работ и дополнительных заданиях.

Краткая характеристика района работ даёт представление о характере рельефа и ландшафтов района, о геологическом строении его, о наличии дорог, населённых пунктов, об условиях проведения намеченных работ в отношении транспорта, жилья, снабжения, найма рабочей силы и т.д.

Карта проектируемых маршрутов и объяснительная записка к ней являются основным содержанием проекта работ, наряду с обоснованием методики и объёма работ. Количество маршрутов, их нормативная протяженность, обязательное нормативное количество точек наблюдения, количество и объём запланированных горных работ (шурфов и канав) обусловлены масштабом съёмки, категорией сложности района и задачами, и проектируется в соответствии с рекомендованными инструкциями, например

Исходя из запланированного объёма работ, устанавливается длительность работ по съёмке площади, и определяются календарные сроки работ с указанием подготовительного, полевого и камерального периода. Длитель-

ность камерального периода обычно устанавливается в размере 80% от длительности полевого периода, рассчитанного по нормам, но не должна превышать трёх месяцев.

Штат геологической партии определяется инструкциями исходя из объёма геолого-съёмочных и горных работ, категории сложности района, транспорта и характера обнажённости. Он колеблется от 6 до 20 человек: начальник партии, старший геолог, инженеры-геологи, инженер-прораб горных работ, техники, топограф, коллектора, рабочие, конюхи (при использовании лошадей).

Снаряжение и оборудование, предусмотренное инструкциями, стандартно и состоит примерно из 42-х наименований: палатки, тенты, спальные мешки, полога, компаса, фотоаппараты, полевые сумки, рюкзаки, рулетки, молотки геологические, кувалды и т.д. Его количество и качество должно обеспечить выполнение запланированных работ.

Составление смет на расходы по съёмке и поискам является очень ответственным моментом на подготовительном этапе. После составления проекта работ, определения объёмов и сроков работ, штата партии и потребного оборудования составляют смету на производство геологической съёмки, используя соответствующие сметные нормы, рекомендованные в инструкциях и справочниках. Номенклатура статей расходов складывается из следующих наименований: 1) зарплата инженерно-технических работников и рабочих, 2) полевое довольствие в течение полевого периода работы, 3) стоимости материалов, 4) сумма амортизации оборудования, 5) стоимость быстро изнашивающегося оборудования, малоценного инвентаря и инструмента, 6) стоимости услуг со стороны и подсобных производств, 7) стоимости транспорта по проезду к месту работы и обратно, и использования его в пределах площади съёмки, 8) накладные расходы. Расходы на питание не входят в смету – продукты закупаются из расчета аванса, а после окончания полевых работ они вычитаются из зарплаты сотрудников партии.

Подбор топографической основы, аэрофото- и космофотоснимков является не менее важным и ответственным моментом на подготовительном этапе. После подбора этих материалов проводится предварительное дешифрирование их. На отдельных снимках и макетах должны быть выделены все наиболее интересные структуры, проблематичные участки и т.д.

Полевой период геологосъёмочных работ

Полевой период начинается со дня прибытия личного состава партии на место работы. Перед началом полевых работ проводится ряд организационных мероприятий и устанавливается распорядок дня (режим дня), проводится инструктаж по технике безопасности, распределяются обязанности как производственные, так и хозяйственно-бытовые между работниками партии. Оборудование и снаряжение партии также распределяется между сотрудниками, которые и несут ответственность за их сохранность.

Необходимо зарегистрировать прибытие партии в административном пункте (у администрации сельского или районного совета). Здесь же решаются и некоторые организационные вопросы (о найме рабочих и т.д.).

Полевой период делится на три последовательных этапа. В первый из них, охватывающий по продолжительности 2-3 недели, производится знакомство с районом работ и его рекогносцировка. Во второй этап выполняется основной объём полевых работ, включающий маршрутную съёмку и/или площадную съёмку, горные и буровые работы и прочие запланированные виды работ. В третий, заключительный этап производится увязка всего полевого материала, составляются дополнительные описания разрезов, и осуществляется детальное изучение наиболее перспективных (в геологическом и металлогеническом смысле) из выявленных участков, составляется карта фактического материала, предварительный макет геологической карты и информационный отчет о результатах полевых работ.

При проведении геолого-съёмочных работ используются *гужевой* (лошади), *вьючный* (лошади и олени), *лодочный* (разные виды лодок с мотором или без мотора), *автомобильный* (автомобили и вездеходы) и *воздушный* (в основном вертолёт) виды транспорта.

Полевые работы включают:

1. Установка и оборудование полевого геологического лагеря в соответствии со всеми требованиями.

2. Проведение геологических маршрутов. В процессе ведения маршрута осуществляется непрерывная фиксация всей информации, касающейся геологических объектов, явлений и процессов. Наблюдаемые данные отражаются в полевом дневнике, а часть информации наносится на полевую карту и/или на аэрофотоснимок.

3. Изучение геоморфологических и гидрогеологических особенностей района работ. Определение основных форм рельефа и установление их связи с геологическим строением района. Фиксирование, опробование, описание, качественная характеристика и природа водоносных и водоупорных горизонтов и минеральных источников.

4. Проведение разных видов опробования.

5. Правильное ведение и описание геологического маршрута.

6. Изучение и описание обнажений.

7. Сопоставление отдельных обнажений и частных разрезов, составление геологических разрезов и стратиграфических колонок.

8. Выявление структурных элементов пликтивных и дизъюнктивных деформаций и определение их пространственного положения.

9. Нанесение на карту выявленной геологической информации (границы геологических тел, тектонические нарушения, структурные элементы, элементы залегания пород и т.д.).

10. Детальное картирование опорных участков.

11. Составление структурно-возрастной шкалы и схемы последовательности экзогенных и эндогенных процессов.

Геологосъёмочные маршруты

Геологосъёмочные маршруты проводятся по разработанной в проекте полевых работ схеме. Их объём, протяженность, направление и частота определены масштабом съёмки и основными целями и задачами работ и регламентируются специальными инструкциями, которые были составлены во ВСЕГЕИ и изданы отдельными выпусками издательством «Недра».

При проведении геологосъёмочных маршрутов вся выявленная информация отражается на полевой карте и в полевом дневнике.

Полевая карта является важнейшим документом полевой работы геолога. Она представляет собой топооснову, либо топографическую карту, на которой непосредственно в поле наносятся все результаты геологических наблюдений – геологические границы, точки наблюдений, элементы залегания, наблюдаемые границы между стратиграфическими подразделениями, контуры интрузивных массивов, их эндо- и экзоконтактовые зоны, разновидности интрузивных пород линии разрывных нарушений, жилы, дайки, маркирующие горизонты, рудные тела, проявления полезных ископаемых и пр. условными знаками. Выделенные объекты раскрашиваются карандашами или цветными фломастерами. Кроме масштабных геологических тел и проявлений отображаются и внемасштабные объекты.

Помимо индивидуальных полевых карт в партии должна быть общая полевая геологическая карта и карта фактического материала, наклеенные на жесткую основу. Каждый исследователь в тот же вечер обязан перенести все полевые наблюдения (точки наблюдения, структурные замеры, геологические границы и т.д.) на эти карты. Обработка и увязка материалов, собранных геологами за день, производится коллективно под руководством начальника партии или старшего геолога.

Дневник (полевая книжка) представляет собой основной документ, отражающий работу геолога. В нем должны фиксироваться все полевые наблюдения, сведения об отобранных образцах и пробах и т.д., а также выводы. Размер дневника определяется задачами работ. Стандартный дневник имеет размеры 15х10 см, твердый переплет, 60-70 страниц белой, линованной или в клеточку бумаги, 5-10 листочков кальки и 5-10 листочков миллиметровки в конце книжки. Страницы нужно пронумеровать.

На титульном листе указывается название организации (партия, экспедиция, отряд) и ее адрес, фамилия и инициалы исследователя, дата начала и конца записей, номера начального и конечного маршрута и начальной и конечной точек наблюдений, а также адрес, по которому следует вернуть дневник (на тот случай, если дневник будет утерян и найден кем-либо).

На второй странице: а) делается отметка о том какие азимуты (магнитные или истинные) записаны в дневнике; б) составляется краткое оглавление.

Записи в дневнике ведутся карандашом (М) или шариковой ручкой с максимальной аккуратностью и точностью, чтобы занесенную в тетрадь информацию мог прочесть любой. Записи ведутся только на нечетной стороне страниц дневника, т.е. на правой. На левой стороне делаются зарисовки и разные пометки (номера образцов, проб и сколков на шлифы, сведения о зарисовках и сфотографированных объектах или фрагментах обнажений и т.д.). Желательно затем сюда же наклеивать и фотографии этих объектов. Описание каждого маршрута начинается с новой страницы, а каждого обнажения с красной строки, с указанием точной географической и, по возможности, координатной привязки их. Замеры элементов залегания горных пород и структурных элементов выделяются строкой. Номера отобранных образцов и проб указываются трижды - по ходу описания обнажений, на левой странице и на зарисовках или фотографиях с точным указанием места отбора.

Законченный дневник подписывается автором, проверяется и визируется начальником партии и старшим геологом партии.

Зарисовки и фотографии являются также важными носителями информации, обладают значением документа и широко применяются при геологических исследованиях любых направлений. Это и фиксация форм рельефа, панорамных объектов, характера растительности и т.д. Наиболее широко применяются зарисовки и фотографии при изучении обнажений. Зарисовки можно делать как простым карандашом, так и цветными карандашами и шариковыми ручками, чтобы они были наглядны и не размывались от влаги. Фотографии и зарисовки должны обязательно (!) иметь:

- 1 - точную привязку к обнажению;
- 2 - пространственное положение и элементы залегания плоскости или плоскостей обнажения или плоскостей обрыва, указатель северного направления в горизонтальной плоскости;
- 3 - указатель масштаба или масштабный предмет для фотографии, масштаб зарисовки в зависимости от сложности объекта или необходимой степени детализации;
- 4 - номер или указатель с номером (наиболее предпочтительнее иметь наборное полотно с масштабной линейкой и сменными цифрами для номеров);
- 5 - название, пояснительные подписи и условные обозначения;
- 6 - отметки или указатели мест отбора проб, образцов, сколков на шлифы;
- 7 - фамилию и инициалы исполнителя, если это сделано не автором дневника. В тексте полевого дневника должны быть в нужном месте ссылки на рисунки и фотографии с расшифровкой их сути и цели, т.е. они должны иллюстрировать какие-то важные наблюдения или выводы.

Кроме дневника, зарисовок и фотографий носителем информации является отобранный **каменный материал** - образцы, пробы, сколки и т.д. Поэтому к нему предъявляются особые требования. Номер образца и точная привязка необходимы.

Экспедиция _____
 Геологическая партия _____
 Отряд _____
 Исследователь (Ф.И.О.) _____
 № обнажения _____
 № образца _____
 Название породы _____
 Возраст породы _____
 Место взятия образца, пробы _____
 Вес пробы _____
 Дата отбора _____

Пример заполнения этикетки к образцу горной породы, к пробе и др. (Форма №1).

Для каждого образца сразу же на месте отбора пишется этикетка с указанием всех необходимых параметров. Затем образец с этикеткой заворачивается в оберточную бумагу или вкладывается в мешочек или пакетик, и снаружи на них пишется номер образца и фамилия исследователя.

Ведение (описание)

геологических маршрутов.

В описание маршрута входят следующие обязательные элементы:

1. Нумерация маршрута.
2. Географическая привязка района маршрута.
3. Цель и задачи маршрута.
4. Географическая и топографическая привязка начала, точек наблюдения и конца маршрута. Азимуты хода маршрута.
5. Нумерация точек наблюдения и описание хода маршрута.
6. Выводы по маршруту.

Изучение и описание обнажений, водопроявлений

Обнажение - это выход коренных горных пород на дневную поверхность. Обнажения могут быть естественные и искусственные, наземные и подводные и они являются основным объектом наблюдений геолога. Именно обнажения в большинстве случаев позволяют делать открытия, познавать природу и историю давно прошедших и ныне проходящих процессов на Земле, проверять идеи и гипотезы и др. Поэтому важно правильно читать и описывать обнажение. А возможности грамотного чтения (исследования) обнажения определяются знаниями и наблюдательностью. Иногда бывает так, что при хорошей наблюдательности отмеченная "мелочь" может потом помочь решить что-то важное.

Положение обнажения должно быть точно привязано. *Привязкой обнажения* называется совокупность операций по определению положения его на топографической основе с помощью каких-то реперов (глазомерная привязка) или с помощью геодезических приборов или навигатора GPS (инструментальная привязка).

Изучение обнажения - это детальный осмотр обнажения и выяснение всех характеристик состава и строения. Описание обнажения включает привязку обнажения к местности (географическую и топографическую), требуе-

мое по детальности описание состава и строения, зарисовку и фотографирование, а также отбор образцов и проб. В процессе общего осмотра обнажения устанавливается то, что это действительно коренной выход, а не глыба или оползень и т.д. и его размеры, выясняется взаимоотношение слагающих пород и их залегание и состав, а также намечаются места отбора образцов и проб. После этого по необходимости обнажение фотографируется и (или) зарисовывается. И описание и зарисовки должны быть максимально полными и объективными и соответствовать неписаным девизам геологов - *"чего не вижу - не пишу"*, *"не записанного и не зарисованного - не наблюдалось"*. Только записанное и зарисованное в поле на месте наблюдения имеет значение документа. Документация информации ведется в полевом дневнике.

Описание обнажений проводится в зависимости от состава и строения наблюдаемых в обнажении образований. В целом при описании обнажений можно использовать следующую схему:

- 1 - номер обнажения;
- 2 - местоположение или привязка обнажения;
- 3 - общие размеры - высота и протяженность обнажения;
- 4 - вид обнажения;
- 5 - характеристика горных пород с указанием их вещественного состава, структурно-текстурных особенностей, мощности и т.д.;
- 6 - условия залегания пород и их взаимоотношения;
- 7 - зарисовки и фотографирование, если в этом есть необходимость;
- 8 - отбор образцов и проб.

При описании горных пород, не зависимо от их генезиса, целесообразно придерживаться следующей последовательности:

- 1 - название породы;
- 2 - окраска (цвет) породы;
- 3 - минеральный состав породы;
- 4 - структура породы;
- 5 - текстура породы;
- 6 - крепость (твердость) породы;
- 7 - характеристика отдельности и трещиноватости;
- 8 - включения и обособления;
- 9 - форма геологических тел и их размеры;
- 10 - изменчивость породы по простиранию и падению;
- 11 - условия образования и преобразования породы.

При изучении и описании осадков (четвертичных отложений) необходимо учитывать, что они распространены почти повсеместно, что они все задернованы почвенно-растительным слоем и представлены довольно широким генетическим спектром пород. Это делювиальные, коллювиальные, элювиальные, озерные, речные, ледниковые (гляциальные), водно-ледниковые (флювиогляциальные), морские, эоловые и другие отложения. Изучать осадки лучше всего в естественных обнажениях (по склонам оврагов, в долинах

рек, по побережью озер и морей и пр.), в искусственных (в закопушках, канавах и шурфах) и по керну скважин. Наибольшую информацию о строении, составе и фациальных переходах можно получить только в естественных обнажениях.

При описании осадков, кроме изучения вышеуказанных параметров, рекомендуется попытаться определить:

- 1 - взаимоотношения их с более древними породами;
- 2 - геоморфологическую приуроченность, т.е. приуроченность к определенным формам или элементам рельефа (это поможет определить их генетический тип и относительный возраст);
- 3 - инженерно-геологические свойства пород (пластичность, плотность, влагоемкость и пр.).

Дополнительными и очень важными критериями генетической и фациальной принадлежности осадков могут быть результаты споро-пыльцевого, палеокарпологического анализа, но они требуют специальной профессиональной подготовки.

При изучении и описании осадочных горных пород особое внимание нужно уделять специфическим особенностям этих пород - типу слоистости, характеру поверхности напластования, возможному наличию органических остатков, степени сортированности и окатанности обломочного материала, характеру и составу цемента и наличию примесей.

Слоистость характеризуется комплексом признаков:

- 1 - типом (плоскопараллельная, линзовидная, косая, волнистая);
- 2 - характером границ прослоев (четкий, нечеткий, волнистый и др.);
- 3 - формой проявления (по крупности зерна, по цвету, по литологии и мощности прослоев и т.д.).

Исследовать слоистость нужно обязательно, поскольку она указывает на генезис пород. Например, параллельная слоистость формируется в спокойной среде, косая - в условиях движения воды или воздуха, диагональная - свидетельствует о формировании ее в устьевых участках водных потоков.

Изучение общего характера рельефа поверхностей напластования также помогает выяснить происхождение и условия залегания толщ. Например, на них могут быть обнаружены отпечатки следов живых существ, листьев растений, знаков волновой и ветровой ряби, волноприбойных знаков, пляжевых фестонов, отпечатки капель дождя, иероглифов и т.д.

В осадочных горных породах могут быть остатки древнейших организмов (окаменелостей) в виде скелетных образований, отпечатков, следов жизнедеятельности и др. Важно запомнить одно - при обнаружении этих остатков необходимо тщательно задокументировать обнажение, место нахождения, степень сохранности, количество, ориентировку, приуроченность к типу пород, характер фоссилизации и систематическую принадлежность реликтов организмов, и их таксономическое определение. И еще одно правило - нельзя смешивать окаменелости из разных слоев! Кроме того, следует знать,

что описание обнаруженных органогенных построек в осадочных горных породах имеет свою специфику.

Степень сортированности обломочного материала характеризуется по процентному соотношению обломков минимального и максимального размера и по разнице этих величин. При изучении степени окатанности важно обратить внимание на возможное наличие штрихов и борозд на гальках и валунах. Они, в большинстве случаев, свидетельствуют о воздействии на них ледника. При характеристике цемента осадочных обломочных пород следует определять его состав (глинистый, карбонатный, кремнистый, железистый и т.д.), цвет, однородность, пористость, твердость, тип (базальный, поровый, контактный), а также соотношение цементирующей массы и обломочного материала. Для глин, суглинков и других глинистых пород нужно определять качественную характеристику степени пластичности и наличие песчаных и известковых примесей. Она определяется по способности к раскатыванию в трубочку размоченной в воде породы и по степени растрескивания после высыхания (слабопластичная растрескивается). Содержание известковых примесей в цементе определяется по реакции с соляной кислотой, а песчаных примесей - при растирании между пальцами. В глинистых породах, как и в карбонатных, могут присутствовать различные примеси. Наличие битуминозных примесей определяется органолептическим методом по резкому чесночному запаху при ударе молотком по породе. Окремненные породы более твердые. Доломитизированные породы определяются по отсутствию или слабой реакции с соляной кислотой, ожелезненные, глауконитсодержащие - по окраске и т.д. Чистые известняки имеют белый или серо-белый цвет и бурную реакцию с соляной кислотой.

Описание водопроявлений (источников) в полевом дневнике ведется по единой схеме примерно в следующей последовательности: номер источника, его местоположение и высота участка выхода по отношению к дренам, водотокам и геоморфологическим элементам местности и рельефу; характер и тип источника, его приуроченность к тому или иному водоносному горизонту; геолого-литологическая характеристика горизонта; характер выхода воды; дебит водопроявления, физические свойства и химический состав воды (если химический анализ осуществляется на месте); газопроявления радиоактивность и наличие химических отложений; характер каптажа; режим и использование вод источника.

Камеральный период геолого-съемочных работ

Камеральный период является завершающим при проведении геолого-съемочных работ. Содержание исследований в этот период заключается в обработке и систематизации всех материалов, как накопленных в процессе полевых наблюдений, так и полученных при изучении образцов горных пород, фауны, флоры и полезных ископаемых в лабораторных условиях. По существу, камеральные работы проводят от начала изучения и сбора фондовых ма-

териалов в процессе подготовительного периода и до окончания работ полевого периода.

В процессе камерального периода должен быть обеспечен высокий научный уровень обработки и систематизации сведений о геологическом строении, гидрогеологических условиях и полезных ископаемых площадей геолого-съемочных работ и на этой основе проведена обоснованная прогнозная оценка в отношении полезных ископаемых, определены направление и очередность дальнейших геологоразведочных работ на данной площади.

Окончательную камеральную обработку производят после завершения полевых работ.

Обработка и систематизация материалов геолого-съемочных работ

В камеральный период изучается весь собранный геологический материал обрабатываются и пополняются новыми данными дневники, завершается дешифрирование МДС и уточняется полевая геологическая, гидрогеологическая, инженерно-геологическая карты. Следует подчеркнуть необходимость тщательного окончательного дешифрирования МДС в камеральных условиях с применением приборов. Отдешифрированные на ключевых участках (в полевой период) геологические контуры экстраполируются на всю территорию съемочного листа. При этом все геологические данные с аэрокосмических и фотоснимков переносятся на топографические карты.

Окончательная обработка собранного полевого материала предусматривает:

- проведение тщательных определений собранных остатков фауны и флоры (обычно выполняется специалистами-палеонтологами) и петрографических определений образцов пород (на основе этого уточняется стратиграфия, состав пород и их распространение в районе);

- систематизацию коллекций (образцы покрываются квадратиками светлой эмалевой краски, нумеруются тушью и передаются в вид коллекции на хранение в фонды музея данного геологического учреждения);

- выполнение различных анализов каменного коллекционного материала (химические, спектральные, микропалеонтологические определения абсолютного возраста и пр.).

- лабораторную проверку качества полезных ископаемых по представленным пробам;

- обработку полевых дневников и разрезов, составление дополнительных колонок, схем и т.п. и их оформление.

Составление комплекса геологических карт и других графических приложений

Графические материалы к геологическому отчету включают:

- комплект обязательных геологических, гидрогеологических, инженерно-геологических карт;

специальные карты и схемы геологического содержания, перечень которых определяется проектом в зависимости от типа района и комплекса полезных ископаемых;

геологические разрезы и другие материалы, связанные с проведением буровых и горных работ.

Обязательные карты оформляются в соответствии с требованиями инструкций.

Специальные карты (четвертичных отложений, геоморфологические, геофизические, геохимические, гидрогеологические, шлиховые, структурные, тектонические и др.) по содержанию должны отвечать требованиям соответствующих инструкций и методических руководств.

Содержание геологического отчета

Отчетные материалы по геологосъемочным работам включают текст отчета, комплект обязательных и специальных карт и других графических приложений.

Текст отчета должен содержать следующие обязательные разделы: 1) введение; 2) геологическая изученность района; 3) стратиграфия; 4) интрузивные и метаморфогенные образования; 5) тектонику; 6) геоморфологию; 7) гидрогеологию и инженерную геологию; 8) полезные ископаемые; 9) оценка перспектив района; 10) заключение; 11) список литературы.

Утвержденный на НТС отчет (после исправления замечаний и внесения поправок) сдается в геологические фонды.

Современные проблемы геологических исследований

Это происхождение и становление планеты Земля, природа первичной коры, происхождение континентальной коры и жизни на Земле, причины великих вымираний, внутренние и внешние источники энергии геологических процессов, взаимосвязь глубинных и поверхностных процессов, общая направленность эволюции Земли, механизмы движений и деформаций земной коры и литосферы, характер геологических процессов, роль космических факторов в этих процессах.