

Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования  
«Национальный исследовательский Томский политехнический университет»

Б.Д. Васильев, А.Ю. Фальк

# **СТРУКТУРНАЯ ГЕОЛОГИЯ**

КОНСПЕКТ ЛЕКЦИЙ

Томск 2010

## ТЕМЫ

1. Введение	4
2. Геологические карты	9
3. Стратиграфические (слоистые) структуры	15
4. Главные типы залегания слоев	18
4.1. Горизонтальное, наклонное, опрокинутое залегание	18
4.2. Согласное и несогласное залегание	20
5. Складчатые структуры	23
6. Разрывные нарушения	28
7. Формы залегания магматических горных пород	32
8. Основные элементы строения земной коры	36
9. Геологическое картирование	42

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Конспект лекций предназначен для студентов 2 курса, изучающих дисциплину «Структурная геология». Его содержание отвечает рабочей программе дисциплины. Вследствие краткости конспекта, он не заменяет ни лекции, ни учебники и учебные пособия.

Всю необходимую учебно-методическую литературу можно получить в Научно-технической библиотеке ТПУ.

## РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Михайлов А.Е. Структурная геология и геологическое картирование. – М.: Недра, 1984 (1973). – 464 с.
2. Корсаков А.К. Структурная геология. – М: КДУ, 2009. – 328 с.
3. Милосердова Л.В., Мацера А.В., Самсонов Ю.В. Структурная геология. Учебник для вузов. – М.: Изд-во «Нефть и газ», 2004. – 537 с.
4. Павлинов В.Н. Структурная геология и геологическое картирование с основами геотектоники. Часть 1. Структурная геология. – М.: Недра, 1979. – 359 с.
5. Куликов В.Н., Михайлов А.Е. Руководство к практическим занятиям по структурной геологии и геологическому картографированию. – М.: Недра, 1993. – 144 с.
6. Михайлов А.Е., Шершуков В.В., Успенский Е.П. и др. Лабораторные работы по структурной геологии, геокартированию и дистанционным методам (учебное пособие для вузов). – М.: Недра, 1988. – 196 с.
7. Номоконов В.Е., Полиенко А.К., Кныш С.К. Чтение и построение геологических карт и геологических разрезов (лабораторный практикум). – Томск: ТПУ – часть I. – 1994, 2006. – 57 с.

## ВВЕДЕНИЕ

*Предмет структурной геологии. Задачи структурной геологии и изучения дисциплины. Связь дисциплины с другими науками. Методы структурной геологии.*

**Структурная геология** – раздел *геотектоники* – науки о строении, движении и развитии земной коры. Структурная геология изучает *структурные формы* и их взаимоотношения (*структуры*), причины их возникновения и историю развития.

**Структурная форма** – форма залегания горных пород и формы их дислокаций.

Структурные формы	Структуры
Слой (пласт)	Слоистая
Трещина	Трещинная
Дизъюнктив (разрыв)	Разрывная
Блок	Блоковая
Складка	Складчатая

Выделяются первичные структурные формы, образовавшиеся одновременно с формированием пород и вторичные, возникшие в результате деформационных преобразований первичных структурных форм. Основное внимание структурная геология уделяет установлению закономерностей формирования вторичных структурных форм под действием тектонических деформаций.

### Генетическая классификация структур и структурных форм

#### 1. Первичные

- 1.1. стратиграфические (слоистые);
- 1.2. магматические;
- 1.3. трещиноватость;

#### 2. Вторичные (тектонические)

- 2.1. складчатые;
- 2.2. разрывные:
  - А. дизъюнктивные;
  - Б. трещиноватость.

### Задачи структурной геологии:

- Научная – создание геометрических моделей структурных форм (геологических тел).

- Практические обусловлены тем, что отдельные виды полезных ископаемых приурочены к определенным структурным формам.

### Значение структурной геологии:

- **Научное.** Структурная геология – основа для изучения условий залегания в земной коре геологических тел, в том числе месторождений полезных ископаемых.
- **Практическое.** Знание структурной геологии необходимо для изображения и анализа геологической ситуации при любых работах, в которых изучаются геологические тела, явления и процессы.
- **Учебное.** Владение приемами и методами структурной геологии необходимо для понимания геологических чертежей, изображения геологических тел, процессов и явлений при подготовке курсовых и дипломных работ, а также понимания излагаемого материала при изучении большинства дисциплин геологического цикла.

### Цель изучения дисциплины:

Ознакомление с формами геологических тел и способами их изображения, а также с видами и методами\* геологического картирования.

В результате освоения курса студент должен знать и уметь следующее:

Знания (приобретаются на лекциях и в процессе самостоятельной работы с литературой)	Умения (осваиваются на практических занятиях)
1. Форм залегания геологических тел	Изображать их на геологических чертежах
2. Условий формирования геологических тел и структур разных рангов	Восстанавливать геологические условия возникновения и развития геологических тел
3. Назначения различных видов геологической графики, принципов и методов ее составления	«Читать» геологическую графику, графически представлять геологическую информацию

### Связь структурной геологии со смежными дисциплинами

Структурная геология опирается, главным образом, на:

- геологическую картографию – прикладную науку, занимающуюся методами составления и анализа геологических карт;
- стратиграфию и историческую геологию;
- неотектонику и геоморфологию;
- геометрию, тригонометрию, другие разделы математики;
- математическую статистику;
- геофизику, среди методов которой наибольшее значение для структурной

\* Приемы и методы ведения геолого-съёмочных полевых работ рассматриваются во время учебной геолого-съёмочной практики.

геологии имеют сейсмические;

— микроструктурный анализ, который перебрасывает мост от макроскопического геологического объекта к минералам и горным породам.

Структурная геология как учебная дисциплина сама служит основой для:

— геотектоники;

— учения о полезных ископаемых (т.к. знание условий залегания осадочных, изверженных и метаморфических пород в земной коре открывает возможность правильно подойти к прогнозу, поискам и разведке полезных ископаемых);

— геоинформатики;

— прикладных наук, занимающихся подсчетом запасов и оценкой ресурсов полезных ископаемых.

Тесная связь структурной геологии с геофизикой, геохимией, минералогией, петрографией, исторической геологией и стратиграфией, геоморфологией и многими другими науками заключается в том, что она:

— пользуется в своих моделях фактами и закономерностями, установленными этими науками, и сама поставляет факты для развития этих наук;

— изучает фактический геологический материал и на основе его создает теоретические модели;

— пользуется их методами и сама разрабатывает для них методы.

Особенно тесно структурная геология связана с геологической картографией, геологической съемкой, геометризацией недр, а также с геологическим дешифрированием материалов аэро- и космических съемок.

### Методы структурной геологии

Методы любой науки разделяются на общие, частные и специальные (применяемые исключительно в данной науке). К общим относятся общенаучные методы, и в структурной геологии чаще всего применяются:

— **Метод аналогий.** Приспособленный для геологических целей, он превратился в метод актуализма, а затем развился в сравнительно-исторический. С его помощью воссоздают историю формирования и причины возникновения геологических тел по аналогии с современными процессами. Подробно этот метод изучается в курсе исторической геологии.

— **Метод моделирования** – главный в структурной геологии. Геолог практически никогда непосредственно не видит те тела, которые он изучает – они обычно слишком велики, фрагментарно доступны непосредственному наблюдению или полностью скрыты в недрах Земли. Кроме того, природные тела имеют очень сложное строение, так как образованы сочетанием множества факторов – тектонических, литологических, гидрогеологических и т.д. Поэтому чаще всего геологом обобщаются имеющиеся данные об объекте или явлении на основании опыта, господствующих теорий, собственных взглядов, поставленных задач и создается модель геологического тела. Чем детальнее и тщательнее изучен геологический

объект, чем опытнее исследователь, тем более верная и адекватная модель формируется. В структурной геологии наиболее распространены следующие виды моделирования:

1. Графическое моделирование. К графическим моделям относятся разнообразные геологические карты, геологические разрезы, другие чертежи. Поэтому так важно для структурной геологии *геологическое картирование* – 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.

2. Физическое моделирование – это замена изучения интересующего нас явления, протекающего в природе, изучением явления на подобной ей модели. Существуют три основных группы физических моделей. Это – 1) фрагменты естественных объектов, 2) модели, построенные на эквивалентных материалах, и 3) модели, созданные на оптически активных материалах.

3. Математическое моделирование — наиболее активно развивающийся в настоящее время метод. Выделяют три группы математических моделей.

А. Моделирование изучаемого объекта по совокупности внешних признаков. Цель такого моделирования – через ограниченное число параметров (констант) установить определенный порядок, закономерности и дать однозначное описание объекта (например, складки). При этом происходит обобщение признаков объекта, отбрасывание случайных параметров и возникает возможность прогнозирования невыявленных его характеристик.

Б. Моделирование геологических процессов, использующее законы физики и химии. В результате по имеющемуся у наблюдателя геологическому объекту пытаются судить о глубинных процессах, их природе и эволюции Земли.

В. Моделирование параметров процессов, объектов и их интерпретации. Например, спектральный анализ, анализы пористости, минерального, гранулометрического, литологического и других составов. При этом широко используется математическая статистика.

Частные методы — это естественнонаучные и общегеологические методы.

Из общегеологических структурная геология наиболее успешно применяет следующие методы других наук:

— **Геодезический** используется для изучения современных, наблюдаемых за историческое время движений земной коры.

— **Геоморфологический** применяется при исследовании новейших движений, деформаций и созданных ими структур земной коры, выраженных в рельефе и получивших название «морфоструктуры».

— **Метод фациального анализа** позволяет судить о распространении

областей и интенсивности поднятий (размыва) и погружений (накопления осадков), а также большей или меньшей их глубины. Фации изучаются и другими науками, например палеогеографией, с целью выяснения физико-географических условий в предыдущие эпохи. Структурная геология изучает фации для воспроизведения истории вертикальных колебательных движений земной коры.

— **Методы анализа перерывов и несогласий**, как и метод фациального анализа, позволяет расшифровать последовательность проявления в пределах региона погружений и поднятий, а также тектонических деформаций.

Непосредственно формы залегания и пространственные соотношения геологических тел изучаются, главным образом, следующими методами:

— **Методы геометризации недр** занимаются геометрическим изображением свойств геологических тел, условий их залегания и процессов, происходящих в недрах. Следует различать геометрию, присущую природным объектам, и геометризацию как приближение к этой геометрии с точностью, соответствующей данной стадии познания недр.

— **Методы геологической съемки**. Геологическая съемка – это основа любой геологической работы. В ее процессе изучается геологическое строение поверхности и недр, в них выделяются геологические тела, границы которых изображаются на геологической карте. Подробнее о геологической съемке рассказано в главе «Геологическое картирование».

— **Методы геологического дешифрирования** материалов дистанционных съемок. Исходные данные, по которым обычно составляются геологические чертежи, разобщены и всегда недостаточны, и единственной возможностью увидеть изображаемые тела в естественных границах и соотношениях с другими телами является изучение этих тел по материалам дистанционных (аэрокосмических) съемок.

— **Методы структурного анализа**, которые заключаются в изучении взаимного положения в пространстве тектонических нарушений – складок, трещин, разрывов со смещением, внедрений магматических и пластических осадочных пород, ориентировки минералов.

Кроме того, при изучении форм геологических тел, особенно для целей нефтегазовой геологии, повсеместно применяются **геофизические** и особенно сейсмические методы.

Последние четыре метода – главные в структурной геологии. Причины возникновения и история развития структурных форм изучаются, главным образом, сравнительно-историческим методом, а также с помощью фациального анализа, анализа мощностей, методами тектонического и математического моделирования. Геометрия структурных форм изучается главным образом с помощью геологического картирования и геологического дешифрирования материалов аэро– и космических съемок.

## ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ КАРТЫ

*Виды геологических карт по масштабу, содержанию, назначению. Общие требования к оформлению основных видов геологической графики.*

**Геологическая карта** (ГК) – уменьшенное в масштабе изображение геологического строения района.

### Геологическая карта – основа для:

- восстановления истории развития земной коры;
- установления закономерностей распространения полезных ископаемых;
- проектирования поисковых и разведочных работ;
- составления сводных геологических карт более мелкого масштаба;
- составления специальных карт;
- проведения изысканий – инженерно-геологических и по водоснабжению.

### Виды геологических карт по содержанию:

- дочетвертичных образований
- полезных ископаемых и закономерностей их размещения
- четвертичных отложений
- тектонические
- структурные
- геоморфологические
- гидрогеологические
- инженерно-геологические и др.

### Виды геологических карт по масштабу:

1. Обзорные мельче 1:1 000 000
2. Мелкомасштабные 1:1 000 000 – 1:500 000
3. Среднемасштабные 1:200 000 – 1:100 000
4. Крупномасштабные 1:50 000 – 1:25 000
5. Детальные (специальные) 1:10 000, 1: 5 000, 1:2 000, 1:1 000

**Государственная геологическая карта** – комплект геологических карт определенной территории, сопровождаемый объяснительной запиской.

Государственная геологическая карта составляется по листам в результате государственной геологической съемки – главного источника информации о геологическом строении территории. Государственные геологические карты составляются в соответствии с инструкцией по методике проведения работ и инструкцией по содержанию карт и их оформлению.

### Основные требования к геологическим картам:

- Составляются на топографической основе.
- На карте показываются выходы (границы) геологических тел на дневную поверхность.

- Детальность наблюдений: в каждом 1 см<sup>2</sup> должна быть точка наблюдения.
- Детальность расчленения стратиграфического разреза не должна превышать 1 см в масштабе карты.
- Важные элементы геологического строения показываются вне масштаба.
- Элементы залегания геологических тел.
- Общепринятые условные знаки.

### Условные знаки геологических карт

Возраст, состав и происхождение горных пород на геологических картах показываются с помощью условных знаков\* (цветовые, штриховые, индексы, прочие).

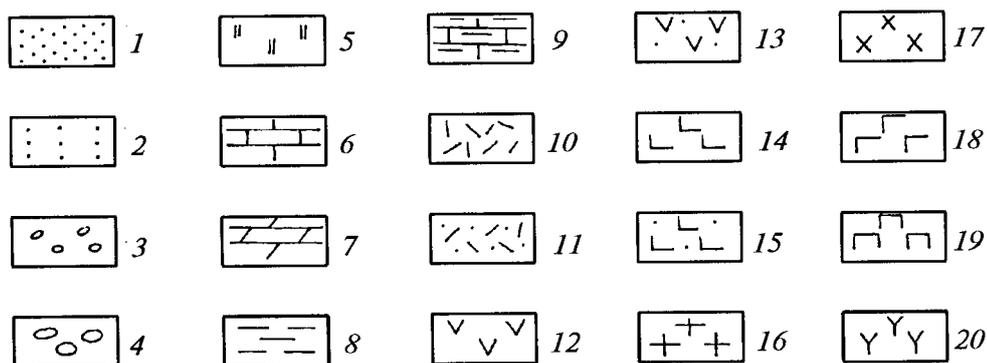
Выходы стратифицированных образований (осадочных, метаморфических и вулканогенных) закрашиваются цветом в соответствии с их возрастом (согласно стратиграфической шкале).

Выходы интрузивных образований показываются цветом в соответствии с их составом, вне зависимости от возраста:

- кислые – красный
- щелочные – оранжевый
- средние – малиновый
- основные – темно-зеленый
- ультраосновные – фиолетовый

### Штриховые знаки

Наиболее употребительные штриховые условные знаки, с помощью которых может быть отражен состав горных пород, приведены ниже.



Штриховые условные знаки: 1 – пески; 2 – песчаники; 3 – галечники; 4 – конгломераты; 5 – кремнистые породы (яшмы, опоки, диатомиты); 6 – известняки; 7 – доломиты; 8 – глины; 9 – мергели; 10 – лавы кислого состава; 11 – туфы кислого состава; 12 – лавы среднего состава; 13 – туфы среднего состава; 14 – лавы основного состава; 15 – туфы основного состава; 16–20 – интрузивные породы (16 – кислого состава, 17 – среднего состава, 18 – основного состава, 19 – ультраосновного состава, 20 – щелочного состава)

\* в соответствии с «Инструкцией по составлению и подготовке к изданию листов государственной геологической карты РФ масштаба 1:200 000», 1995

## Индексы

Индексация подразделений геохронологической шкалы осуществляется в соответствии с требованиями «Стратиграфического кодекса России» (2005). Вначале ставится прописная или прописная и строчная буквы латинизированного названия системы. Отдел обозначается арабской цифрой (за исключением отделов четвертичной системы), помещаемой справа внизу индекса системы. Индекс яруса составляется из одной или двух начальных строчных букв сокращенного латинизированного названия яруса. Части яруса (подъярусы) указываются арабскими цифрами.

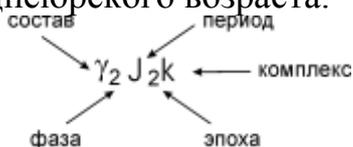


Читается это так: верхний подъярус визейского яруса нижнего отдела каменноугольной системы.

Помимо общепринятых стратиграфических подразделений необходимо вводить вспомогательные (местные – пачка, толща, свита, подсвита), которые должны быть увязаны с общепринятой шкалой.

Полный индекс свиты образуется за счет прибавления справа к символу возраста символа свиты, состоящего из двух курсивных букв ее латинизированного названия (первой и ближайшей к ней согласной). Пример:  $C_2kl$  – калмакэмельская свита среднего карбона.

Индексация магматических пород по вещественному составу выполняется строчными буквами греческого алфавита. Для указания возраста магматических пород справа рядом с символом состава ставится символ, указывающий на возраст. Пример:  $\gamma K_1$  – раннемеловые граниты. Принадлежность к тому или иному комплексу интрузивных пород обозначается одной или двумя латинскими строчными буквами, расположенными справа от индекса возраста. Пример:  $\gamma J_2k$  – граниты кукульбейского интрузивного комплекса среднеюрского возраста. Последовательность интрузивных фаз в пределах интрузивного комплекса обозначается арабской цифрой, определяющей последовательность данной фазы, помещаемой справа внизу от символа вещественного состава интрузий. Пример:  $\gamma_2 J_2k$  – граниты второй интрузивной фазы кукульбейского комплекса среднеюрского возраста.



**Стратиграфическая колонка** – условное изображение последовательности (снизу вверх от древних к молодым), взаимоотношений,

состава, мощности и возраста всех дочетвертичных стратифицированных образований\* района.

Колонка строится:

- на всю площадь района;
- в масштабе, обеспечивающем наглядность изображения;
- по максимальным истинным мощностям отложений.

Породы в колонке расчленяются в соответствии с выделяемыми на карте стратиграфическими подразделениями.

В колонке показывается:

- *состав пород* – литологическими (штриховыми) знаками;
- *возраст* – цветом;
- *характер взаимоотношений* стратиграфических подразделений:
  - согласное залегание – прямая линия границы,
  - стратиграфическое несогласие – волнистая линия,
  - угловое несогласие – зубчатая линия,
  - неопределенные взаимоотношения – двойная (с промежутком 2–3 мм) сплошная линия.

Слева от колонки указывается возраст пород (система, отдел, ярус) и индекс; справа – мощность (в метрах) и характеристика пород.

**Геологический разрез** – изображение геологического строения района на вертикальной плоскости на некоторую глубину.

- Направление разреза показывается на геологической карте линией (прямой или ломаной);
- Буквенное обозначение концов разреза на карте;
- Наименование и обозначение линии разреза: «Разрез по линии А<sub>1</sub>–А<sub>2</sub>»
- Указание ориентировки разреза по сторонам света;
- Шкала вертикального масштаба;
- Вертикальный масштаб равен горизонтальному масштабу карты;
- Топографический профиль;
- Геологические границы показываются сплошными линиями;
- Раскраска и индексация производится в соответствии с геологической картой.

**Легенда (система условных обозначений)** представляет собой систематизированный свод всех примененных на геологической карте и разрезах условных знаков и объяснений их содержания. Легенда состоит из следующих блоков:

- геологические подразделения;
- знаки вещественного состава пород;
- взаимоотношения геологических подразделений (элементы залегания слоев, геологические границы, разрывные нарушения);

---

\* Интрузивные породы в колонку не вносятся.

—прочие условные обозначения (места сборов ископаемых органических остатков и т. д.).

Легенда размещается справа от рамки ГК.

Первый блок легенды – условные обозначения геологических подразделений – в зависимости от типа и сложности геологического строения картографируемой площади имеет различные способы построения и формы изображения.

Основным является способ построения первого блока легенды в виде двух вертикальных рядов, в левом из них размещены условные обозначения стратиграфических подразделений (свит, подсвит, толщ), а в правом – нестратиграфических (комплексов, подкомплексов, фаз). Слева от этих рядов приводится соответствующая часть общей геохронологической (и региональной стратиграфической) шкалы, справа – краткий пояснительный текст, содержащий названия и таксономический ранг геологических подразделений, сведения об их вещественном составе и мощностях. Знаки стратиграфических и нестратиграфических подразделений размещаются в строгом соответствии с их положением в общей геохронологической шкале. Доказанное возрастное скольжение границ геологических подразделений изображается наклонной линией, нижний и верхний концы которой располагаются на соответствующих временных уровнях.

Условные знаки геологических подразделений (свит, комплексов, толщ, расчлененных на подсвиты, подтолщи, пачки, подкомплексы, фазы) отстраиваются в виде микроколонок, состоящих из расположенных слитно по вертикали или горизонтали прямоугольников подсвит, подтолщ, пачек, фаз, подкомплексов.

Характер контактов между выделяемыми подразделениями отражается конфигурацией нижней линии, ограничивающей микроколонку или прямоугольник.

Все прямоугольники и микроколонки закрашиваются цветом, соответствующим цвету этих подразделений на ГК. Индексы подразделений проставляются внутри прямоугольников. При фациальной изменчивости или различной детальности расчленения подразделения в разных частях района условный знак свиты строится в виде сочетания прямоугольников. В прямоугольниках нестратиграфического подразделения в индексах обозначаются символы наиболее широко представленных пород, а разновидности с иными вещественным составом и индексом выносятся в пояснительный текст.

Связанные с конкретными интрузивными и метаморфическими комплексами и фазами (подкомплексами) дайки, жильные породы и гидротермально-метасоматические образования показываются в отдельных прямоугольниках – графах, расположенных правее (и слитно) прямоугольников соответствующих комплексов и фаз и (или) подкомплексов.

Принадлежность свит к серии показывается с помощью фигурной скобки, охватывающей справа условные знаки свит, причем название серии пишется вдоль скобки так, чтобы начало ее было обращено к нижней кромке листа.

В вулканоплутонических и вулканических ассоциациях, если соответствие их нестратифицированных и стратифицированных частей установлено только в общем виде, обозначения стратиграфических подразделений помещаются в левом ряду ниже нестратиграфических подразделений. Название вулканоплутонической и вулканической ассоциаций размещается над их условными обозначениями и пояснительным текстом к ним. При наличии нескольких чередующихся вулканоплутонических ассоциаций и интрузивных (плутонических) комплексов они размещаются в легенде в возрастной последовательности под своими наименованиями.

Не выходящие на поверхность и не отраженные на геологической карте, но участвующие в геологическом строении района и отраженные на разрезах и стратиграфических колонках стратиграфические и нестратиграфические подразделения показываются в шкале на соответствующем геохронологическом уровне и сопровождаются сноской с указанием «Только на разрезе».

Если на отдельных геохронологических (стратиграфических) интервалах развиты разные по составу подразделения, характеризующие разные структурно-формационные (фациальные, структурно-геологические) зоны (подзоны), то легенда строится по зональному принципу: для каждой зоны в пределах этих интервалов составляются отдельные вертикальные ряды условных обозначений: микроколонок и прямоугольников стратиграфических и нестратиграфических подразделений (свит, толщ, комплексов, подкомплексов и пр.) с пояснительным текстом, строго привязанных к геохронологической шкале, расположенной в левой части легенды. Над вертикальными рядами приводятся географические названия зон (подзон), а на свободных местах помещаются схемы геологического (палеотектонического, структурно-геологического) районирования указанных интервалов времени, на которых показывается расположение зон, их географические названия и геологическое (палеотектоническое, палеогеографическое) содержание.

Если на площади листа имеются расчлененные и нерасчлененные образования одного возраста (уровня), то нерасчлененные образования располагаются либо над расчлененными, либо правее и на одном уровне с последними (как отдельная «зона»).

## СТРАТИГРАФИЧЕСКИЕ (СЛОИСТЫЕ) СТРУКТУРЫ

*Понятие о слое и слоистости. Элементы слоя. Структурные типы слоистости: параллельная, линзовидная, косая, волнистая, сложная и условия их образования. Факторы образования слоистости. Понятия ритмичности и цикличности. Трансгрессивные и регрессивные серии осадочных пород. Закон Вальтера–Головкинского–Иностранцева. Полифаціальность и монофаціальность слоя. Явление возрастного скольжения геологических границ. Значение изучения слоистых структур.*

Основной элемент стратиграфических структур – **слой** – плитообразное тело определенного состава, окраски или структуры, ограниченное поверхностями наложения.

### Элементы строения слоя:

- кровля – верхняя поверхность;
- подошва – нижняя поверхность;
- мощность (истинная) – кратчайшее расстояние (по нормали) между кровлей и подошвой.

### Другие термины для обозначения слоистых структур:

Пласт (обычно о полезных ископаемых, но часто пласт = слой)  
Прослой (пропласток)  
Линза (выклинивающееся по простираанию тело)  
Слоёк (мощность менее 1 см)

### Термины свободного пользования:

слоёк → серия слойков → слой → пачка слоёв → толща

**Слоистость** – чередование слоев, отражающее изменчивость условий осадконакопления.

### Структурные типы слоистости:

1. **Параллельная (горизонтальная)** – поверхности наложения плоские и параллельны друг другу. Она формируется в относительно неподвижной, спокойной водной среде ниже уровня действия волн.

1.1. простая (полосовидная)

1.2. ленточная

2. **Линзовидная** характеризуется изменчивостью мощности отдельных слоев вплоть до их выклинивания; образуется, как правило, при быстром и изменчивом движении водной или воздушной среды.

3. **Косая** – слоистость с прямолинейными и криволинейными поверхностями наложения, под различными углами которых внутри слоя располагается более мелкая слоистость. Этот вид слоистости образуется при направленном движении среды.

3.1. диагональная

3.2. перекрестная

4. **Волнистая** – поверхности наслоения волнистоизогнутые, субпараллельные. Она формируется при движениях, имеющих периодическую смену или повторяемость в своем направлении, например при волнениях в прибрежных мелководных зонах водоема. В геологических разрезах могут встречаться сочетания разных типов слоистости и тогда говорят о *сложной* слоистости.

### Условия образования слоистых толщ

#### Факторы:

#### 1. Тектонические:

А. *нисходящие движения* → *трансгрессивная серия* характеризуется последовательной сменой (снизу вверх по разрезу) грубозернистых пород (псефитов, псаммитов) тонкозернистыми (пелитами), либо прибрежных мелководных глубоководными породами. Образуется в результате трансгрессии моря (повышения уровня моря) на фоне медленного опускания дна бассейна осадконакопления.

Б. *восходящие движения* → *регрессивная серия* характеризуется закономерным изменением фаций снизу вверх – от глубоководных к мелководным. Регрессивно залегающие толщи формируются при медленном поднятии дна бассейна.

#### 2. Физико-географические:

рельеф области сноса (суши)  
климат  
сезонность смены условий  
влияние течений

#### 3. Вулканические:

изменение состава лав  
периодичность извержений

### Закон Вальтера–Головкинского–Иностранцева

*При непрерывном осадконакоплении смена фаций в вертикальном разрезе повторяет смену фаций в плане.*

**Стратиграфический горизонт** – разновозрастная (синхронная) группа слоёв различного состава, связанных постепенными переходами в горизонтальном направлении. Отдельные слои (или пачки слоёв) стратиграфического горизонта разновозрастны, но характеризуются различным (в видовом и родовом отношениях) комплексом окаменелостей и литологическим (петрографическим) составом.

**Петрографический горизонт** – серия одинаковых по составу, но разновозрастных по времени образования (асинхронных) слоёв. Границы

между петрографическими горизонтами представляют собой условные поверхности сложного строения.

Таким образом, в формировании слоистых толщ осадочных пород значительную роль играют тектонические процессы – направленные и колебательные тектонические движения земной коры, а также физико-географические условия и физико-химические условия среды осадконакопления и области питания, климатические, биологические и др. факторы.

## ГЛАВНЫЕ ТИПЫ ЗАЛЕГАНИЯ СЛОЕВ

### ГОРИЗОНТАЛЬНОЕ ЗАЛЕГАНИЕ СЛОЕВ

#### Признаки горизонтального залегания слоев

Горизонтальное залегание слоев характеризуется общим горизонтальным или близким к нему расположением поверхностей наложения. Идеальных горизонтальных поверхностей наложения в земной коре не встречается.

Так как при горизонтальном положении осадочных толщ каждый нижележащий слой является более древним, чем перекрывающий, соотношения разновозрастных слоев с элементами рельефа характеризуются расположением древних слоев в пониженных частях, а наиболее молодых слоев – на возвышенных участках рельефа.

#### Определение мощности слоя

Истинная мощность слоя при горизонтальном залегании определяется как разность абсолютных отметок кровли и подошвы слоя.

### НАКЛОННОЕ ЗАЛЕГАНИЕ СЛОЕВ

При наклонном (или моноклиналином) залегании слои на обширных пространствах наклонены в одном направлении (на крыльях складок и флексур).

#### Элементы залегания

Положение в пространстве любого геологического тела характеризуется элементами залегания, к которым относятся азимуты простирания и падения и угол падения.

**Линией простирания** называется линия пересечения поверхности слоя с горизонтальной плоскостью или, другими словами, любая горизонтальная линия на поверхности слоя является линией простирания данного слоя.

**Линией падения** называется вектор, перпендикулярный к линии простирания, лежащий на поверхности слоя и направленный в сторону его наклона. Линия падения обладает наибольшим углом наклона к горизонту по сравнению с любой другой линией, которую можно провести на поверхности слоя.

Положение линии простирания в пространстве определяется ее азимутом, а линии падения – азимутом и углом падения.

**Азимут** заданного направления называется правый векториальный угол, отсчитанный от северного направления меридиана (магнитного или истинного) до заданного направления.

**Углом падения** называется угол, заключенный между линией падения и проекцией ее на горизонтальную плоскость.

Линия простирания, как и любая другая линия, имеет два противоположных направления, поэтому у линии простирания может быть измерено два азимута, различающихся между собой на  $180^\circ$ .

Падение имеет одно определенное направление, и для него может быть измерен только один азимут, отличающийся на  $90^\circ$  от азимута линии простирания. Значение угла падения не может быть больше  $90^\circ$ .

#### Определение истинной мощности слоя при наклонном залегании

Измерение мощности слоя можно производить многими способами. Иногда истинную мощность можно измерить непосредственно в обнажении. С этой целью рулеткой измеряют расстояние между кровлей и подошвой слоя по перпендикуляру к поверхности наслоения.

Чаще оказывается возможным измерить лишь видимую мощность слоя. На рис. указаны различные случаи вычисления истинной мощности в сечениях, ориентированных перпендикулярно линии простирания по измеренной видимой мощности, углу падения слоя и наклону поверхности рельефа.

Если истинная мощность слоя определяется в сечении, ориентированном косо по отношению к линии простирания, тогда вводят соответствующую поправку на отклонение линии разреза от направления падения. Эти поправки выражаются углом  $\gamma$ , представляющим собой разность между азимутами линий простирания и измерения. Вычисления производят по формуле П. М. Леонтовского:

$$H = h (\sin \alpha \cos \beta \sin \gamma \pm \cos \alpha \sin \beta),$$

где  $H$  — истинная мощность;

$h$  — видимая мощность;

$\alpha$  — угол наклона пласта в косом сечении;

$\beta$  — угол наклона рельефа.

Знаки плюс и минус употребляются в зависимости от соотношения направления наклонов поверхностей рельефа (или обнажения) и слоя; при наклоне их в одну сторону принимается знак минус, при наклоне в разные стороны — плюс.

Графические методы определения разных видов мощности слоя рассматриваются на лабораторных занятиях.

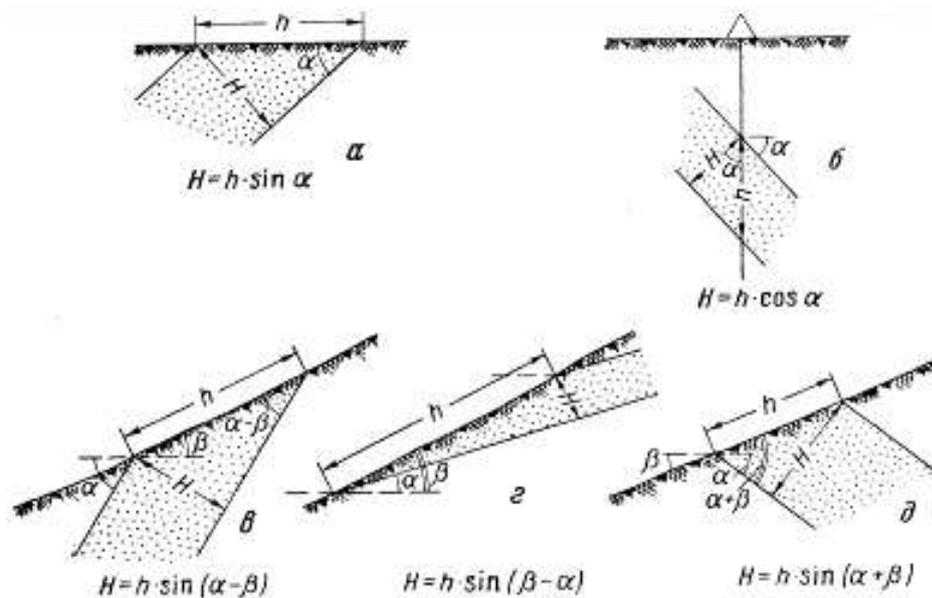


Рис. Различные случаи определения истинной мощности наклонно залегающих слоев в сечениях, перпендикулярных простиранию слоя  
 а — при горизонтальной поверхности рельефа, б — по керну буровой скважины, в — при наклонной поверхности рельефа (слой падает в сторону наклона поверхности рельефа, круче рельефа), 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;  $\alpha$  — угол падения слоя;  $\beta$  — угол наклона поверхности рельефа

## НОРМАЛЬНОЕ И ОПРОКИНУТОЕ ЗАЛЕГАНИЕ

При наклонном положении слоев возможны два принципиально отличных случая их залегания: нормальное и опрокинутое. При нормальном залегании кровля слоя располагается гипсометрически выше его подошвы, при опрокинутом — гипсометрически ниже.

## СОГЛАСНОЕ И НЕСОГЛАСНОЕ ЗАЛЕГАНИЕ

*Понятие о согласном и несогласном залегании стратифицированных образований. Элементы несогласия. Несогласия явные и скрытые. Основные структурные типы несогласий: параллельное, угловое, азимутальное, географическое. Несогласия местные и региональные. Типы несогласий по способу образования: трансгрессивное, ингрессивное. Признаки несогласий и перерывов. Значение изучения несогласий.*

Существует 2 основных подхода к определению согласного и несогласного залегания слоев:

- структурный;
- генетический (историко-геологический).

I. **Согласное залегание** характеризуется отсутствием перерывов в осадконакоплении (результат непрерывного осадконакопления).

II. **Несогласное залегание** отражает перерыв в осадконакоплении, который выражается отсутствием определенных стратиграфических подразделений и обусловлен различными (чаще тектоническими) причинами.

### I. Согласное залегание:

#### Признаки согласного залегания:

1. постепенная смена состава (см. закон Вальтера–Головкинского–Иностранцева);
2. параллельность геологических границ за исключением следующих случаев:
  - конседиментационные складки;
  - косая слоистость;
  - оплывины.

### II. Несогласное залегание

#### Элементы несогласия:

1. две толщи (древняя и молодая)
2. поверхность несогласия
3. угол несогласия ( $\varphi$ )

#### Этапы формирования несогласия:

1. осадконакопление на фоне погружения
2. складчатость, возникновение складчатого сооружения
3. поднятие как следствие складчатости и размыв
4. денудация
5. погружение, возобновление осадконакопления

#### Структурные типы несогласий:

1. **параллельное** несогласие = перерыв в осадконакоплении;
2. **угловое** несогласие фиксируется по разным углам падения нижней и верхней толщи:
  - 2.1. резкое угловое;
  - 2.2. слабое угловое;
3. **азимутальное** несогласие – простирание (падение) двух соприкасающихся разновозрастных комплексов разное. Как правило будет и угловым.
4. **географическое** – угловое несогласие с углом  $1-3^\circ$ . Такое несогласие может быть установлено только при картировании обширных территорий, когда можно проследить налегание одного горизонта на разные

подстилающие стратиграфические горизонты без видимого нарушения параллельности положения поверхностей наложения тех и других.

#### Типы несогласий по площади распространения:

1. Локальные (местные).
2. Региональные.

#### Типы несогласий по четкости проявления:

1. явные с отчётливо выраженными поверхностями несогласия (как правило, угловые);
2. скрытые с неопределённым положением поверхности несогласия (как правило, параллельные).

#### По скорости затопления суши морем выделяют

1. трансгрессивное налегание;
2. ингрессивное налегание:
  - 2.1. облекание – плащеобразное перекрытие более молодыми осадками отлогой поверхности размыва древних пород. Мощности слоёв в нижней части, несогласно залегающей толщи, меньше над повышениями древнего рельефа и больше – над понижениями.
  - 2.2. прилегание (прислонение) имеет место при резких очертаниях рельефа поверхности несогласия: формирование осадочных пород происходит путем постепенного заполнения пониженных участков.

#### Признаки несогласий:

1. разные углы падения (в обнажении);
2. налегание одной толщи как минимум на две другие;
3. различная степень дислоцированности толщ;
4. различная степень метаморфизма толщ;
5. резкая смена состава разреза;
6. резкая смена фауны в разрезе;
7. следы размыва и перерыва:
  - а) базальные конгломераты;
  - б) коры выветривания;
  - в) погребенный древний рельеф;
  - г) осадочные дайки.

#### Значение несогласий

1. Восстановление истории геологического развития района;
2. С поверхностями несогласий часто связаны месторождения полезных ископаемых.

## СКЛАДЧАТЫЕ (ПЛИКАТИВНЫЕ) СТРУКТУРЫ

*Складки антиклинальные и синклинали. Элементы складок.*

*Морфологическая классификация складок: по положению осевой поверхности и углу наклона крыльев; по форме замка; по поведению оси относительно горизонта; по соотношению длины и ширины; по соотношению мощности в замках и на крыльях. Периклинали и центриклинали.*

*Представления о механизме образования складок. Генетическая классификация складок.*

*Группы (комплексы) складок. Порядки складок. Взаимное расположение складок в комплексах.*

*Основные типы складчатости: альпийская (геосинклинальная), сибиретипная (переходная), германотипная (платформенная).*

**Складка** – волнообразный изгиб слоя без нарушения его целостности.

### Элементарные формы складок:

- **антиклиналь** – выпуклая форма складки;
- **синклиналь** – вогнутая форма складки.

**Полная складка = антиклиналь + синклиналь**

**Высота складки** – расстояние по нормали от замка антиклинали до замка синклинали, измеренное по одному и тому же слою.

**Зеркало складчатости** – поверхность, делящая складку пополам по высоте.

**Ширина складки** – расстояние между крыльями складки, замеренное по зеркалу складчатости.

### Элементы складки:

**Замок** – место перегиба слоев.

**Крылья** – часть складки, примыкающая к замку.

**Шарнир\*** – линия пересечения мысленного продолжения крыльев складки.

**Угол складки (при вершине)** – угол между продолжением крыльев.

**Осевая плоскость** – плоскость, делящая угол складки пополам.

**Ось\*** – линия пересечения осевой плоскости с поверхностью напластования.

**Осевая линия\*** – линия пересечения осевой плоскости с горизонтальной, вертикальной плоскостями и поверхностью рельефа.

**Угол падения крыла складки** – угол между крылом складки и горизонтальной плоскостью.

**Ядро** складки – внутренняя часть складки. У антиклиналей в ядре находятся более древние горные породы, у синклиналей – более молодые.

### Морфологическая классификация складок

По положению осевой поверхности и углу наклона крыльев:

**Симметричные (прямые)** – осевая поверхность вертикальна, углы наклона

---

\* по М.А. Усову

крыльев одинаковые.

***Асимметричные:***

*косые* – осевая поверхность наклонная, падение крыльев в противоположные стороны с различными углами;

*опрокинутые* – осевая поверхность наклонная, крылья падают в одном направлении;

*лежащие* – осевая поверхность горизонтальна;

*перевернутые* – осевая поверхность изогнутая и меняет свой азимут падения на противоположный.

По форме замка:

Нормальные (нормальновыпуклые, нормальновогнутые)

Острые

Коробчатые

Веерообразные

По поведению оси относительно горизонта

- *с горизонтальной осью*
- *с погружающейся осью*  
замыкание складки в плане:  
*периклинальное* – замыкание антиклинальной складки;  
*центриклинальное* – замыкание синклинальной складки.
- *с ундулирующей осью.*

По соотношению мощности в замках и на крыльях

- *концентрические* – одинаковые мощности в замках и на крыльях;
- *подобные* – мощность слоев в замках больше, чем на крыльях;
- *конседиментационные* – мощность слоев в замках синклиналей значительно больше мощности в замках антиклиналей;
- *складки уплотнения* – уменьшение мощности слоев в замках антиклиналей за счет внедрения интрузии или соляного штока; могут переходить в складки протыкания (*диапировые*).

По соотношению длины и ширины

- *линейные* ( $L:S > 5$ )
- *брахиформные* ( $2 < L:S < 5$ )
- *изометричные* ( $L:S < 2$ )

***Коэффициент сжатия*** характеризует степень сжатия структуры:

$$K_{сж} = l : S,$$

где  $l$  – длина слоя, испытавшего деформацию,  
 $S$  – ширина складки.

### Особые формы складок

**Флексура (моноклираль)** – резкий коленообразный изгиб слоев без разрыва сплошности.

**Гомоклираль** – однообразное падение слоев в одном направлении.

**Синеклизы и антеклизы** – платформенные структуры длительного развития – крупные депрессии и поднятия.

Структурный вал

Структурный нос

**Изоклираль** – серия опрокинутых складок, у которых углы падения нормальных и опрокинутых крыльев близки.

Птигматические складки

### Представления о механизме образования складок

изгиб с концентрическим скольжением

скалывание

пластическое течение

Различия в динамической обстановке позволяют выделить складки продольного и поперечного изгиба, складки скалывания, течения и волочения.

**Складки продольного изгиба** развиваются при продольном сжатии, вызванном парой направленных друг к другу сил, либо при одностороннем действии сил, ориентированных обычно горизонтально и действующих вдоль слоистости. Межслоевое скольжение происходит на фоне общего перемещения вещества в направлении, перпендикулярном к действию сжимающих усилий, в участки с относительно меньшим давлением. Ширина и высота складок продольного изгиба возрастает с увеличением мощности слоёв и вязкости пород, а оси складок обычно ориентированы в поперечном направлении по отношению к сжимающим усилиям. При однородном составе слоистых толщ и двухстороннем сжатии образуются обычно симметричные складки. При одностороннем действии сжимающих сил возникают наклонные или опрокинутые складки, наклон действующих сил.

**Складки поперечного изгиба** образуются при воздействии сил, ориентированных перпендикулярно к плоскости наложения. При образовании складок поперечного изгиба вещество перемещается в стороны от участков с максимальным радиусом кривизны более интенсивно, чем на участках с меньшей кривизной.

**Складки скалывания** или *скольжения*, в отличие от складок изгиба, образуются без значительного перемещения вещества внутри слоёв в результате перемещения вдоль многочисленных поверхностей трещин скалывания (кливажа), ориентированных субпараллельно осевым поверхностям. В результате перемещений мощность разных по компетентности пород в замках больше, чем на крыльях.

**Складки волочения (или послойного течения)** представляют собой разновидность небольших по размеру дисгармоничных складок. Образуются они в условиях поперечного или продольного изгиба в слоях пластичных пород, заключенных между жесткими породами. Причиной образования этих складок является межслоевое проскальзывание, которое приводит к волочению материала более пластичной породы вслед за перемещающимся слоем жесткой породы. Складки волочения всегда асимметричны и осевые поверхности их опрокидываются в сторону замков антиклиналей больших складок.

### Генетическая классификация складок

- концентрические
- складки скалывания (подобные складки I рода)
- складки нагнетания (подобные складки II рода)
- диапировые
- конседиментационные

**Группы (системы, комплексы) складок** – совокупность складок, имеющих общее происхождение.

### Порядки складок (по П.Н. Кропоткину)

порядок	ширина складки
I	~ 20 км
II	первые км
III	сотни метров
IV	метры
V	сантиметры

**Синклинорием** называется сложный комплекс складок I порядка, имеющий в поперечном сечении общую форму крупной синклинали. Складки, составляющие **антиклинорий**, наоборот, имеют общую форму антиклинали.

### Взаимное расположение складок в комплексе

1. параллельное – оси складок параллельны, ундуляция осей одновременная, общие зоны кульминаций и депрессий.
2. кулисообразное (эшелонное) – оси складок параллельны, нет общих зон кульминаций и депрессий.

3. виргационное наблюдается при разветвлении оси складки (может быть односторонней и двусторонней).
4. торцовое
5. беспорядочное

### **Основные динамические обстановки складчатости и их признаки**

#### **1. тангенциальное сжатие → альпийотипная складчатость**

##### Признаки:

- полная (голоморфная) складчатость;
- складки линейные, напряженные, часто опрокинутые и даже перевернутые; изоклиналильные;
- углы падения слоев крутые 60–80–90°;
- складки подобные I и II рода;
- складки мелкие – II, III, IV порядков;
- по взаимному расположению складок в комплексе – параллельные, дугообразные, виргирующие;
- складки, как правило, сопровождаются продольными взбросами и надвигами;
- характерны тектонические покровы;
- интенсивный гранитоидный магматизм.

#### **2. радиальные (вертикальные) движения → германотипная (штамповая) складчатость**

##### Признаки:

- неполная (идиоморфная) складчатость;
- складки крупные с пологими углами падения крыльев (за исключением флексур);
- расположение складок – кулисообразное, беспорядочное;
- проявление базальтового магматизма (силлы, штоки, дайки).

#### **3. сочетание тангенциального сжатия и радиальных движений с преобладанием последних → сибиретипная (переходная) складчатость**

### **Разновидности складчатости по относительному развитию антиклиналей и синклиналей:**

**А. конгруэнтная** – ширина антиклиналей и синклиналей примерно одинаковая;

**Б. инконгруэнтная:**

- **эжективная (гребневидная)** – узкие антиклинали и широкие синклинали;
- **дежективная (коробчатая)** – широкие антиклинали и узкие синклинали.

## РАЗРЫВНЫЕ НАРУШЕНИЯ

*Трещиноватость и дизъюнктивы. Основные понятия и определения.*

*Элементы дизъюнктива. Классификации дизъюнктивов: геометрическая – продольные, поперечные и диагональные; согласные и несогласные; кинематическая – дизъюнктивы сжатия (взброс, надвиг, подброс, поддвиг, сдвиг, шарьяж) и растяжения (раздвиг, сброс), радиальные, поступательные и шарнирные. Системы дизъюнктивов: горсты и грабены, ступенчатые сбросы, чешуйчатые взбросы и надвиги, структуры «разбитой тарелки». Признаки дизъюнктивов. Определение возраста дизъюнктивов. Глубинные разломы.*

**Трещиноватость** – разрывы без смещения.

### Генетическая классификация трещин

**А. Нетектонические трещины:** 1) первичные; 2) трещины выветривания; 3) трещины оползней, обвалов, провалов; 4) трещины расширения пород при разгрузке.

**Б. Тектонические трещины:** 1) трещины отрыва; 2) трещины скалывания; 3) кливаж.

### Классификация кливажа

**А. Кливаж, связанный со складчатостью**

**I. Послойный кливаж**

**II. Секущий кливаж:**

1) веерообразный

2) обратный веерообразный

3) параллельный (главный)

**Б. Приразрывный кливаж**

**Дизъюнктивные структуры** – результат тектонической деформации пласта с разрывом и смещением.

### Элементы дизъюнктива:

**сместитель** – трещина, по которой произошло смещение

**2 полуплоскости слоя**

**висячий блок (бок, крыло)** – блок горных пород над сместителем

**лежащий блок (бок, крыло)** – блок горных пород под сместителем

### Элементы смещения:

сопряженные точки А и А'

АА' – полная амплитуда

L – горизонтальная амплитуда

H – вертикальная амплитуда

наклонная высота

зияние (отход пласта)

перекрытие (сдвоение пласта)

## Морфологическая классификация

### А. По соотношению сместителя и пластов:

1. **послойные (параллельные)** – элементы залегания пласта и сместителя совпадают;
2. **секущие** – элементы залегания пласта и сместителя разные:
  - 2.1. **продольные** – сместитель и пласты имеют одинаковое простирание, но разные углы падения
    - 2.1.1. **согласные** – сместитель падает в том же направлении, что и слои;
    - 2.1.2. **несогласные** – сместитель и слои падают в противоположных направлениях.
  - 2.2. **диагональные** – сместитель располагается в плане под углом к простиранию слоев
    - 2.2.1. **согласные**;
    - 2.2.2. **несогласные**.
  - 2.3. **поперечные** – сместитель располагается перпендикулярно к слоям, которые он сечет.

### Б. По углу падения сместителя:

1. **вертикальные** 80–90°;
2. **крутопадающие** >45°;
3. **пологопадающие** <45°.

### По морфологическим признакам дизъюнктивы:

1. со сдвоением (перекрытием);
2. с зиянием (отходом).

## Кинематическая классификация

- А. поступательные – дизъюнктивы, при перемещении по которым элементы залегания слоев не меняются;
- Б. вращательные (шарнирные) – при смещении по дизъюнктиву слои меняют элементы залегания.

### Виды дизъюнктивов:

1. **сброс** – лежачее крыло опущено;
2. **подброс** – лежачее крыло поднято;
3. **поддвиг** – лежачее крыло поддвинуто под висячее;
4. **взброс** – висячее крыло поднято по крутопадающему сместителю;
5. **надвиг** – висячее крыло поднято по пологопадающему сместителю;
6. **шарьяж (тектонический покров)** – горизонтальный или пологий надвиг с перемещением масс в виде покрова на расстояния до нескольких десятков километров;
7. **сдвиг** – горизонтальное смещение слоев по простиранию сместителя;
  - правый

- левый
8. *раздвиг* – отход блоков друг от друга;
  9. *комбинированные (сложные)* – нарушения, по которым наблюдается и горизонтальное, и вертикальное перемещение.

Анализ (решение) дизъюнктива\* сводится к определению кинематического типа и амплитуд перемещения.

#### Системы разрывных нарушений

- парные сбросы → типичные горсты и грабены;
- парные взбросы → клиновидные горсты и грабены;
- ступенчатые сбросы;
- чешуйчатые взбросы (надвиги).

По взаимному расположению в плане выделяют системы нарушений:

1. параллельные;
2. кулисообразные;
3. перистые
4. концентрические;
5. радиальные;
6. типа «разбитой тарелки».

#### Относительный возраст разрывных нарушений определяется в двух пределах:

- *нижний* определяется возрастом самых молодых пород, разорванных дизъюнктивом;
- *верхний* – возрастом пород, перекрывающих дизъюнктив.

#### По отношению к складчатости разрывные нарушения:

- *соскладчатые* (продольные взбросы и надвиги; поперечные сдвиги);
- *послескладчатые* (дизъюнктивы растяжения).

#### Признаки дизъюнктивов:

1. срезание пластов в обнажении;
2. наличие тектонитов;
3. зеркала скольжения с бороздами скольжения и уступами отрыва;
4. жильное выполнение сместителя;
5. приразломные складки;
6. оперяющие структуры;
7. проявления магматизма;
8. штамповые складки;

---

\* Графические способы решения рассматриваются на лабораторных занятиях.

9. сдвоение разреза;
10. резкая смена степени дислоцированности или степени метаморфизма пород;
11. геоморфологические признаки (прямолинейность границ между крупными геоморфологическими элементами);
12. гидрогеологические признаки (выходы родников, необычное положение притоков).

### **Глубинные разломы и их признаки**

1. большая протяженность и глубина заложения;
2. магмо– и рудоконтролирующие структуры;
3. зоны повышенной сейсмичности;
4. зоны сближенных разрывных нарушений;
5. многофазность;
6. разделяют блоки с различной историей развития.

## ФОРМЫ ЗАЛЕГАНИЯ МАГМАТИЧЕСКИХ ГОРНЫХ ПОРОД

*Вулканические тела. Формы тел: потоки, покровы, лавовые конусы, купола, иглы, столбы. Первичная тектоника вулканических тел: флюидальность; отдельность: столбчатая, пластовая, шаровая.*

*Плутонические (интрузивные) тела. Классификация интрузивных тел: по глубине становления, по отношению к структуре вмещающих пород, по отношению к складчатости. Формы тел: силлы, лакколиты, дополиты, факолиты, гарполиты, батолиты, штоки, дайки, некки, диатремы. Первичная тектоника интрузивных массивов. Прототектоника жидкой фазы: линейные и плоско-параллельные текстуры (волоконистость, флюидальность). Прототектонические трещины (продольные, поперечные, пластовые). Определение возраста интрузий.*

Процессы, связанные с зарождением, подъемом и остыванием магмы, получили названия *магматических процессов*, или *магматизма*.

По условиям движения и остывания расплавов магматические процессы делят на *интрузивные* и *эффузивные* (вулканические). Если при движении к поверхности магматический расплав остановился на каком-то гипсометрическом уровне, не доходя до дневной поверхности, и стал остывать и кристаллизоваться, то такой магматизм называют интрузивным. В случае, когда магматический расплав достиг поверхности Земли и, излившись на нее, стал остывать и кристаллизоваться, говорят об эффузивном магматизме. Результатом интрузивного магматизма являются интрузивные тела, образовавшиеся на глубине и выведенные на поверхность в результате эрозионных процессов. Итог эффузивной деятельности – вулканические постройки, сложенные излившимися (вулканическими) породами.

### Формы залегания вулканических тел

**Конус вулканический** – вулканическая постройка, имеющая форму конуса со срезанной вершиной, сформированная вокруг жерла из вулканических пород. Крутизна склона конуса обусловлена соотношением эффузивных и эксплозивных пород и их составом. Выделяются пирокластические или эксплозивные лавовые конусы, экструзивные (иглы, обелиски и др.) купола и сложные или комбинированные конусы. Сложные конусы, называемые также *стратовулканами*, состоят из перемежающихся слоёв лавы и пирокластического материала. На склонах главного конуса могут быть мелкие дополнительные или паразитические конусы.

При эффузивных извержениях лава относительно спокойно изливается на поверхность и застывает в виде **покрова** или **потока** той или иной формы.

**Лавовые потоки** образуются при излиянии магмы на поверхность земли в относительно спокойных условиях (с небольшим взрывом или без него). Они представляют собой пластообразные тела, мощность которых значительно меньше их горизонтальных размеров. Их морфология и положение обусловлены особенностями рельефа поверхности Земли или конуса вулкана. На пологих поверхностях потоки лавы почти горизонтальны, а на более крутых склонах будут наклонны и резко изменчивы по мощности.

В гористой местности, изрезанной оврагами и речными долинами, лавы заполняют любые впадины рельефа в виде узких потоков.

**Лавовые покровы**, как правило, образованы базальтовыми лавами, которые наименее вязкие и застывают при сравнительно высокой температуре (около 1100°), поэтому они легко изливаются из протяжённых трещин, растекаются на большие расстояния, покрывая большие территории.

При экструзивном типе извержения происходит выдавливание лавы, находящейся в вязком или уже затвердевшем состоянии, на поверхность. Форма экструзивных тел зависит от формы вулканического канала, по которому они выдавливаются. Они образуют купола, обелиски, неправильные тела, которые могут переходить в покровы и потоки лав.

Для вулканических пород характерна текстурная особенность – **флюидалность** – потокообразное расположение зёрен или микролитов основной массы, огибающей фенокристаллы, если таковые имеются. Вызывается токами при движении вязкой застывающей лавы. Внешне флюидалность часто выражена тонкой полосчатой неоднородностью – тонкими полосами разных цветов и оттенков. По флюидалности можно определять направление движения лавы.

В период охлаждения лавы формируется первичная трещиноватость, обуславливающая следующие виды отдельности:

**Блоковая** отдельность развивается преимущественно в лавовых потоках; **плитообразная, или плитчатая** – в лавовых потоках (параллельно поверхности потока), куполах и субвулканических дайках (параллельно границам тел); **кубическая** и др. – в крупных экструзиях и потоках; **столбчатая** – в лавах и экструзиях и иногда в дайках (перпендикулярно границам потоков и тел); **сферическая, или шаровая** – в небольших куполах при выжимании менее вязких лав и в подушечных лавах в подводных условиях.

По трещиноватости и отдельности можно судить о форме лавовых тел или определять центры извержений.

### **Формы залегания интрузивных тел**

Все формы залегания интрузивных тел по отношению к слоистости вмещающих пород делятся на две группы: **согласные** и **несогласные (секущие)**. К первым относятся: **силлы, лакколиты, лополиты, факолиты** и **акмолиты**. Ко вторым – **батолиты, штоки, дайки, некки, диатремы**.

**Силлы, или пластовые залежи**, образуются при внедрении магмы вдоль поверхности наслоения. Мощность колеблется от тонких инъекций до нескольких сотен метров, чаще в пределах 10-50 м. Слагаются породами преимущественно основного состава.

**Лакколитами** называются небольшие (до 3-6 км в поперечнике) грибообразные тела, границы которых согласны с поверхностями слоистости вмещающих пород.

**Лополитами** называются блюдцеобразные тела, залегающие согласно с вмещающими породами. Слагающие породы – основные, ультраосновные или щелочные. Размеры – различные, от небольших до огромных тел в несколько сотен километров в диаметре.

**Факолитами** 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.

**Акмолиты** – пламеобразные тела в сложнодислоцированных породах фундамента.

**Батолиты** – крупные массивы интрузивных пород, главным образом, гранитов и гранодиоритов, имеющие площадь выхода на поверхность более 100 км<sup>2</sup>. Размеры их могут быть большими: длиной до сотен километров, шириной до десятков километров. Вертикальный размах по геофизическим данным составляет 6-10 км.

**Штоками** называются интрузивные тела, имеющие площадь выхода на поверхность менее 100 км<sup>2</sup>. Форма штоков – округлая или вытянутая, редко неправильная. Состав может быть различным.

**Дайки** – плитообразные тела, образующиеся в трещинах земной коры. Размеры даек очень различны: длина может достигать десятков-сотен километров, мощность – до первых километров. Как правило, имеют крутое или вертикальное падение. Часто дайки встречаются группами, в которых размещаются параллельно, кулисообразно или радиально.

**Вулканические жерла, или некки** – представляют собой круто- или вертикально залегающие реликты каналов, по которым магма при вулканических извержениях поднималась на поверхность, т.е. они являются частью эруптивного аппарата вулкана. В плане имеют округлую, овальную или неправильную форму диаметром от десятков метров до 1,5 км.

**Диатремы (трубки взрыва)** – субвертикальный трубообразный канал, часто с изменяющимся сечением (круглым, овальным и др.), образовавшийся в результате одноактного прорыва газов и взрыва в верхних частях земной коры. Наиболее крупные трубки взрыва достигают 1 км в диаметре. Диатремы сложены вулканическими брекчиями, туфами и обломками горных пород стенок канала.

**Гарполиты** (межформационные интрузии) – крупные пластообразные (или серповидной формы) полусогласные тела преимущественно гранитоидного состава, внедрившиеся по поверхностям несогласий.

**Прототектоникой** называется первичная тектоника интрузивного тела, возникшая вследствие движения жидкой или вязкой магмы, и в процессе её

остывания. Прототектоника находит своё выражение в линейных и плоскостных структурах движения, а также в трещинах.

**Прототектоника жидкой фазы.** *Текстуры течения* в изверженных породах выражаются в линейной и плоско-параллельной ориентировке содержащихся в них кристаллов удлинённой и уплощенной формы. По элементам прототектоники жидкой фазы можно восстановить положение контактов интрузивного тела.

**Прототектоника твердой фазы.** При кристаллизации магмы и остывании интрузивного тела происходит уменьшение его объема, что вызывает появление объемных стягивающих напряжений и приводит к образованию трещин (**поперечных, продольных, пластовых и диагональных**).

**Поперечные трещины ( $Q$ )** отрыва ориентированы нормально к структурам течения, прямые и лучше выражены в краевых частях массивов.

**Продольные трещины ( $S$ )** скалывания располагаются по простиранию линейных структур течения. Они вертикальные, либо крутые.

**Пластовые трещины ( $L$ )** совпадают с первичной полосчатостью, перпендикулярно трещинам  $Q$  и  $S$ , полого залегают в верхних частях массива параллельно кровле.

**Диагональные трещины** располагаются косо к структурам течения, крутые; возникают под воздействием горизонтального или вертикального давления.

По элементам прототектоники твердой фазы можно восстановить форму интрузивного тела.

***Определение относительного возраста*** интрузивных тел основано на сопоставлении времени образования интрузива с возрастом вмещающих пород, т.е. по возрасту прорываемых и перекрывающих его осадочных пород.

***Нижняя возрастная граница*** определяется по активному интрузивному контакту с наиболее молодыми из прорванных пород, а ***верхняя возрастная граница*** определяются возрастом перекрывающих его пород.

## ОСНОВНЫЕ СТРУКТУРНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ ЗЕМНОЙ КОРЫ

*Подвижные складчатые (геосинклинально-складчатые) зоны, платформы, орогены, рифты, переходные структуры; их генезис, строение и этапы развития с позиций фиксизма и тектоники плит.*

Основными структурными элементами Земной коры являются *океаны*, занимающие 2/3 площади поверхности планеты и *континенты*, на долю которых приходится 1/3 поверхности. Различия между ними не столько в их гипсометрическом положении (континенты – это возвышенности, а океаны – котловины), сколько в строении земной коры под ними.

В разрезе океанической коры выделяют три слоя (сверху вниз):

- осадочный мощностью от 0 до 1200 метров;
- базальтовый, состоящий из потоков основных вулканитов, которые отделяются друг от друга маломощными прослоями осадочных пород (глубоководные кремнистые осадки); мощность – 1,5-2,0 км;
- расслоенный базитовый, который состоит из основных и ультраосновных пород; мощность – 4,0-6,0 км.

Общая мощность океанической коры 8–12 км.

В разрезе континентальной коры мощностью от 30 до 80 км выделяют тоже три слоя:

- верхний – осадочный, имеющий мощность от 0 до 20–23 км;
- ниже залегает гранитно-метаморфический, мощностью 20–30 км;
- третий, самый нижний, выделяется по геофизическим данным, и согласно им состав слоя базальтовый. Однако в настоящее время наличие базальтового слоя ставится под сомнение. По мнению некоторых исследователей, различия в геофизических характеристиках вызваны не особенностями состава слагающих третий слой пород, а теми условиями (давлением и температурой), в которых они находятся.

### Основные структурные элементы океанов

К числу основных структурных элементов океанов относят: срединно-океанические хребты, абиссальные равнины, внутриплитные поднятия и хребты, микроконтиненты, трансформные разломы.

**Срединно-океанические хребты** образуют планетарную систему протяженностью более 60 тыс. км. Они возвышаются над ложем океана на 1000-1300 метров, находятся на глубине до 2500 м, при ширине от сотен до 4000 километров. Как правило, они расположены в центральной части океанов.

В строении срединно-океанических хребтов выделяют три вида зон:

- осевую, представляющую собой рифтовую долину (грабен);
- гребневидные, по обе стороны рифтовой долины, с сильно расчлененным рельефом;

- фланговые зоны, понижающиеся в сторону абиссальных равнин.

Рифтовая зона имеет глубину 1–2 км при ширине в несколько километров и представляет собой сложный грабен. На дне рифтовых долин имеются многочисленные центры вулканизма.

**Абиссальные равнины** составляют большую часть океанов, они занимают пространство между срединно-океаническими хребтами и континентальными подножиями. Абиссальные равнины расположены на глубине 4–6 км и характеризуются океаническим типом коры. Мощность осадочного слоя в их пределах увеличивается в сторону континентальных подножий и может достигать нескольких километров.

На абиссальных равнинах могут находиться подводные вулканические горы, которые в ряде случаев возвышаются над поверхностью океанов в виде вулканических островов.

В пределах абиссальных равнин выделяют котловины, разделенные крупными подводными хребтами и возвышенностями.

**Внутриокеанические поднятия и хребты** в большинстве случаев имеют вулканическое происхождение, что доказывается либо наличием современного вулканизма, либо данными буровых работ. В пределах поднятий и хребтов океаническая кора имеет увеличенную мощность, в ее разрезе выделяются все три слоя типичные для океанической коры.

**Микроконтиненты** представляют собой отдельные впаянные в океаническую кору крупные блоки с гранитно-метаморфическим слоем в разрезе.

Микроконтиненты характеризуются утоненной (до 25–30 км) континентальной корой, для них типичен плоский рельеф, залегание на глубине 2–3 км ниже уровня океана, но некоторые из них могут выступать в виде островов. Осадочный чехол тоньше по сравнению с абиссальными равнинами.

**Трансформные разломы.** Они представляют собой крупные разломы, нарушающие срединно-океанические хребты и переходящие в абиссальные равнины. Данные структурные элементы океана ориентированы перпендикулярно осям рифтовых долин срединно-океанических хребтов и делят последние на отдельные сегменты, смещенные относительно друг друга в плане. Амплитуды смещения по трансформным разломам составляют сотни километров. Морфологически они представляют собой уступы высотой иногда более 1000 метров. Вдоль трансформных разломов в ряде случаев наблюдается проявление вулканической деятельности.

### **Основные структурные элементы континентов**

Под континентами понимают блоки земной коры, в разрезе которых присутствует гранитно-метаморфический слой. Мощность континентальной коры колеблется от 30 до 80 км. В платформенных областях она меньше, а в складчатых поясах – больше.

В составе континентальной коры выделяют *платформы* и *складчатые пояса*. Эти структуры отличаются между собой по составу и строению, активности магматических и тектонических процессов.

*Платформы*, в отличие от складчатых поясов, представляют собой устойчивые и стабильные части континентов. Они отличаются равнинным рельефом, малыми амплитудами вертикальных движений, слабой сейсмичностью, низким тепловым потоком, отсутствием, за редким исключением, вулканической деятельности.

В плане платформы имеют изометричную, полигональную форму. В их разрезах различаются два структурных этажа: нижний (фундамент) и верхний (платформенный чехол).

*Фундамент платформ* сложен метаморфизованными осадками и вулканогенными породами, смятыми в складки и прорванными интрузиями. Он разбит разрывными нарушениями на блоки, которые испытали вертикальные движения. В итоге отдельные блоки оказываются опущенными и образуют отрицательные структуры – *авлакогены* и положительные – *выступы или валы*.

*Авлакогены* представляют собой линейно вытянутые впадины, ограниченные крупными разломами, пересекающими фундамент платформ. Их длина может достигать нескольких сотен километров, а ширина составляет десятки километров. Заполняющие авлакогены осадки мощностью до нескольких тысяч метров, могут сминаться в сложные складки.

*Вал* – вытянутая положительная платформенная структура, длиной в десятки и несколько сотен километров. Они, как правило, приурочены к зонам разломов, разграничивающим поднятия и прогибы фундамента.

*Платформенный чехол* сложен осадочными породами, которые залегают чаще всего горизонтально или образуют складки с углами наклона не более  $20^\circ$ . Общими особенностями платформенных осадочных образований является их небольшая мощность, малая изменчивость мощностей и фаций по простиранию. Из вулканических пород широким распространением пользуется трапповая формация. Большую роль могут приобретать пластовые интрузии (силлы), штоки, дайки основного состава. Разрывные нарушения либо отсутствуют, либо представлены единичными разломами.

В строении платформенного чехла выделяют синеклизы и антеклизы.

*Синеклизы* — это крупные отрицательные структуры платформенного чехла, образующиеся чаще всего над авлакогенами. Они имеют слегка вытянутую или изометричную форму в плане. В поперечнике синеклизы достигают сотен километров. В пределах синеклиз породы платформенного чехла наклонены под небольшим углом (до  $1-2^\circ$ ) к центру. Мощность осадочных отложений в данных областях составляет 3–5 км и более и является максимальной в центральных частях структур. Крупные синеклизы могут осложняться сводами и впадинами.

Над поднятиями фундамента в платформенном чехле образуются антиклинальные структуры — *антеклизы*. Они, как правило, располагаются между синеклизами.

В структуре платформенного чехла над уступообразным рельефом фундамента могут образовываться коленообразные изгибы слоев — *флексуры*.

В составе платформ выделяют *плиты* и *щиты*. *Щиты* — это участки платформ, у которых отсутствует чехол и на поверхность выходит фундамент. *Плиты* — участки платформ, в разрезе которых выделяется фундамент и чехол.

Кроме плит и щитов к структурам первого порядка в составе платформ относят *перикратонные опускания или прогибы*. Они представляют собой зоны пологого погружения фундамента в сторону смежных складчатых поясов.

Выделяют активизированные платформы, которые после длительного времени нормального платформенного развития приобретают высокую подвижность. Им свойственно преобладание поднятий, выраженных сводовыми или глыбовыми горными хребтами, чередующимися с разного типа впадинами. Поднятия фундамента обычно отделяются от межгорных впадин разрывами, иногда переходящими в надвиги с амплитудой до нескольких километров. Во впадинах накапливаются мощные осадки, среди которых преобладают континентальные отложения типа моласс. На некоторых платформах неоднократно проявляется магматизм в интрузивной и особенно в эффузивной формах.

Платформы отделяются от складчатых поясов глубинными разломами, *передовыми прогибами* (опущенными краями платформ), в которых резко увеличивается мощность платформенного чехла.

**Складчатые пояса** представляют собой крупные структурные элементы земной коры, протягивающиеся внутри материка или обрамляющие океаны. Это сложные, длительно развивающиеся протяженные области повышенной тектонической активности, связанные с глубинными разломами. Складчатые пояса отличаются высокой подвижностью земной коры, большими скоростями, амплитудами и контрастностью тектонических движений, широким развитием линейной голоморфной складчатости, огромной мощностью осадочных и вулканогенных толщ, широким проявлением интрузивных пород различного состава, метаморфизмом и высокой сейсмической активностью. В процессе их развития происходит преобразование тонкой океанической коры в мощную континентальную. После завершения своего развития складчатые пояса становятся стабильными участками земной коры. Они подвергаются денудации, их поверхность выравнивается, на ней накапливаются осадочные породы с близким к горизонтальному залеганием. Так шаг за шагом складчатый пояс превращается в фундамент молодой платформы.

В составе складчатых поясов выделяют *складчатые области*, которые представляют собой крупные фрагменты поясов. Они отличаются друг от

друга историей развития, геологическим строением, между собой области отделяются крупными поперечными разломами или пережимами. Складчатые области в свою очередь делятся на *складчатые системы* – линейные структуры протяженностью в сотни километров и отделенные друг от друга срединными массивами. В складчатых поясах выделяют внутренние (эвгеосинклинальные) и внешние (миогеосинклинальные) зоны. В составе эвгеосинклинальных зон широко проявлены магматические процессы и, как следствие, распространены вулканические и интрузивные породы. Разрезы таких зон отличаются большой мощностью. В миогеосинклинальных – магматические породы либо отсутствуют вообще, либо встречаются в ограниченном объеме. Для них характерны терригенные и карбонатные отложения.

Складчатые пояса характеризуются увеличенной мощностью земной коры. В процессе их формирования выделяют 2 этапа: *геосинклинальный и орогенный*.

Этап геосинклинального развития характеризуется погружением территории, морским режимом осадконакопления. На ранней стадии закладывается морской бассейн, накапливаются глубоководные осадки, проявлен подводный вулканизм основного состава. В этой связи низы разреза геосинклинального этажа сложены вулканическими породами, преимущественно основного состава с прослоями аргиллитовых и кремнистых сланцев (спилито-кератофировая формация); мощными толщами аргиллитовых сланцев и прослоями полимиктовых песчаников и черных кремней.

На поздней стадии геосинклинального этапа на фоне обмеления и сокращения по площади морского бассейна происходит накопление флишевых и карбонатных толщ, проявляется вулканизм средне–кислого состава. В эту стадию накапливаются известняковые и карбонатно-терригенные толщи, а также вулканогенная андезитовая формация. Заканчиваться разрез может флишевыми накоплениями с ритмичным чередованием песчаников, алевролитов, аргиллитов и т. д. Из магматических пород преобладают гипербазитовая и габбро-пироксенитовая-дунитовая формации. Общей особенностью геосинклинального этажа является большая мощность (сотни и тысячи метров) слагающих его пород.

В орогенный этап устанавливается обстановка горизонтального сжатия, в результате чего в отложениях геосинклинального комплекса получают большое развитие надвиги и тектонические покровы. Образуются линейные, прямые, наклонные, опрокинутые, лежащие складки. Зеркало складчатости волнистое с чередованием прогибов (синклинориев) и поднятий (антиклинориев).

Антиклинории представляют собой положительные складчатые структуры, разделяющие синклинории. Обычно первые отделены от вторых крупными разрывными нарушениями. В антиклинориях зеркало складчатости обращено выпуклостью вверх, в синклинориях – выпуклостью вниз.

В составе и тех и других выделяют отдельные антиклинали и синклинали I порядка.

В орогенный этап складчатый геосинклинальный комплекс подвергается региональному метаморфизму и внедрению крупных интрузивных массивов (до размера батолитов) кислого состава. Часто в составе орогенного этапа выделяют две стадии: раннеорогенную и позднеорогенную.

На ранней стадии в обстановки сжатия идет складкообразование, формирование покровных структур, протекают метаморфические процессы и явления гранитизации. На фоне низкого горного рельефа происходит накопление морской мелкообломочной молассы. На позднеорогенной стадии усиливается горообразовательный процесс, возрастает расчлененность рельефа. В межгорных прогибах накапливаются континентальные крупно- и грубообломочные молассы большой мощности.

Таким образом, для орогенного этажа характерны молассовые формации, которые имеют широкое распространение по площади и расположены в межгорных впадинах и краевых прогибах. Из магматических пород типичны гранитоидные формации с образованием батолитовых интрузий калиевых гранитов. Возможны интрузии щелочных гранитоидов и щелочных пород. Данные образования сопряжены всегда с зонами поднятий.

В составе складчатых поясов могут присутствовать *срединные массивы*. Они представляют собой устойчивые участки земной коры, являющиеся крупными фрагментами основания, на котором был заложен складчатый пояс. Срединные массивы располагаются обычно внутри складчатых поясов, лишь частично вовлекаясь в его развитие. От образований складчатого пояса срединный массив чаще всего отделяется глубинными разломами. В строении массивов выделяют древний фундамент, образовавшийся задолго до начала формирования складчатого пояса, и чехол, образовавшийся параллельно с развитием пояса.

## ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ КАРТИРОВАНИЕ

*Геологическое картирование как основной способ познания геологического строения территории. Виды и назначение геокартирования: геологическая съёмка, геологическое доизучение площадей (ГДП), аэрофотогеологическое картирование (АФГК), глубинное геологическое картирование (ГГК).*

*Этапы геолого-съёмочных работ: подготовительный, полевой и камеральный. Их основное содержание.*

**Геологическое картирование** – 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.

**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 прослеживают 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 мелкомасштабные карты составляются путём обобщения материалов, полученных при более детальных съёмках.

*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 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 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.

### **Виды геологических съёмок**

В зависимости от геологической изученности, объёма ранее проведённых работ и целенаправленности выделяют: полистную и групповую съёмки, аэрогеологическое картирование, глубинную, объёмную съёмки, 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 геолого-съёмочного 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 6-8 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.

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.

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 космофотоснимков. 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 исследованиях с обязательным использованием аэрофото- и космофотоснимков.

Все перечисленные виды геолого-съёмочных и поисковых работ регламентируются специальными инструкциями, которые были составлены во ВСЕГЕИ и изданы отдельными выпусками издательством «Недра».

## Основные этапы организации геолого-съёмочных работ

### **А. Подготовительный**

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 геолого-съёмочных и поисковых работ, 3) составление смет на расходы по съёмке и поискам, 4) подбор снаряжения, оборудования и укомплектования штата геологической партии, 5) подбор топографической основы, аэрофото- и космофотоснимков.

*Предварительное изучение района работ* включает: 1) изучение геологии 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 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 геологические и другие карты, производится предварительное дешифрирование аэрофото- и космофотоснимков.

*Изучение общих геолого-минералогических, металлогенических и прочих вопросов* проводится по материалам, отражающим общие вопросы геологии, стратиграфии, петрографии, минералогии, полезных ископаемых 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.

*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 – линеаменты, складки, проблематичные участки и т.д.

## **Б. Полевой**

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 объем 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.

### Проведение геолого-съёмочных работ

*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. 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 пликативных 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.

#### Геолого-съёмочные маршруты

Геолого-съёмочные 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 геолого-съёмочных 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 экзоконтактные зоны, разновидности интрузивных пород линии разрывных нарушений, жилы, дайки, маркирующие горизонты, рудные тела, проявления полезных ископаемых и пр.

Выделенные объекты раскрашиваются карандашами или цветными фломастерами. Кроме масштабных геологических тел и проявлений отображаются и внемасштабные объекты. В целях экономии рабочего маршрутного времени в большинстве случаев рекомендуется выявленные наблюдения выносить на карту в вечернее время.

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.

### **Заключительный этап полевых работ**

Во время полевого периода должно быть выделено время на повторные (проверочные или заверочные) и увязочные маршруты. Естественно, что в первой половине полевых работ выявляются основы геологии района, и съёмка не всегда бывает достаточно полноценна.

*Повторные маршруты* проводятся в том случае, если где-то собрана неполноценная или неполная информация, что могло быть обусловлено объективными и субъективными факторами. Эти маршруты могут проводиться либо в процессе проведения геолого-съёмочных работ, либо в конце полевого сезона.

*Увязочные маршруты*, также являются дополнительными и проводятся обычно в конце полевого сезона. К этому времени уже выявляются все участки с хорошей обнажённостью, где можно составлять опорные стратиграфические разрезы, проводить фаунистическое опробование, отбор проб для определения абсолютного возраста интрузивных и вулканогенных пород и составлять опорные схемы последовательности процессов. Увязочные маршруты направлены для решения всех неясных вопросов в рабочих схемах по стратиграфии, по фациальным изменениям толщ, по интрузивной деятельности и вулканизму, по схеме последовательности всех процессов (экзогенных и эндогенных). Увязочные маршруты также должны быть нацелены на разрешение спорных геологических вопросов, возникших между сотрудниками геологической партии и с соседними геологическими партиями по пограничным участкам (при групповой съёмке районов).

Качество геологической съёмки зависит от степени расчленения и обоснованности стратиграфического разреза и выяснения характера и последовательности всех эндогенных процессов (магматизма, метаморфизма, деформаций). В процессе работы строятся частные геологические разрезы и стратиграфические колонки, которые при наличии маркирующих горизонтов или границ дополняют друг друга. Сводный геологический разрез и сводная стратиграфическая колонка непрерывно уточняются, выявляются фациальные переходы и изменения в составе и мощностях всех стратиграфических единиц. Работа по составлению стратиграфического разреза заканчивается с окончанием полевого периода.

К концу полевого сезона должна быть готова карта фактического материала района работ, на которую постоянно выносились все наблюдения и данные, полученные в процессе геологической съёмки района. К концу полевого сезона также должен быть готов и предварительный макет геологической карты района с геологическими разрезами и стратиграфической колонкой.

## В. Камеральный

Камеральный период является заключительным этапом геологической съёмки. Проводится он после окончания полевых работ и включает:

- 1 – оформление и обработка полевого геологического материала (образцов, шлифов, аншлифов, разнообразных проб) и составление журнала (каталога) образцов и проб и др.;
- 2 – построение графических приложений (карты, схемы, зарисовки, фотографии и др.);
- 3 – составление геологического отчета.

По результатам геолого-съёмочных работ составляются геологический отчет и комплект геологических карт, включающий карту фактического материала, геологическую карту с геологическими разрезами и стратиграфической колонкой, карты полезных ископаемых, тектоническую, геоморфологическую, гидрогеологическую карты, карту четвертичных отложений.

### Составление отчета

После завершения камеральной обработки полевых материалов составляется отчет о результатах геологических работ. Геологический отчет должен быть написан грамотно, чисто, лаконично и содержать основные сведения о геологическом строении и полезных ископаемых района съёмки. Он состоит из текста и графических приложений.

Текст составляется по следующей схеме. На титульном листе указывается наименование организации, выполнившей работы, название работы, фамилии и инициалы составителей отчёта, а также место и год написания отчета. На первой странице дается оглавление с указанием авторства глав отчета. Отчет, как обычно, состоит из восьми глав, введения и заключения.

**Введение.** Во введении указываются цели и задачи работ, географическое и административное положение района работ, объем выполненных полевых и камеральных работ.

Гл. I. **Географический очерк.** В нем приводится орогидрография, климат, животный и растительный мир района, характер обнаженности, население, пути сообщения и общие сведения об экономике района.

Гл. II. **Геоморфология.** Дается описание форм и типов рельефа района работ, их морфологическая и генетическая классификация.

Гл. III. **Гидрогеология.** В этой главе приводятся обобщенные сведения о подземных и поверхностных водах и их геологической деятельности.

Гл. IV. **Стратиграфия.** В этой главе дается подробная характеристика всех выделенных в районе региональных и местных стратиграфических подразделений, начиная с древнейших и заканчивая современными. Особое внимание уделяется обоснованию их возраста. Рекомендуется привести

зарисовки и описания опорных обнажений, иллюстрирующих взаимоотношения пород или специфику их состава и строения.

Гл. V. **Магматизм.** Здесь описываются только интрузивные образования. Вулканогенные породы должны быть описаны в четвертой главе. При описании магматических интрузивных пород соблюдается их возрастная последовательность от древних к молодым. Приводится материал о распространенности, внутреннем строении, морфологии и условиях залегания интрузивных тел.

Гл. VI. **Тектоника.** В этой главе приводятся наблюдения по условиям залегания пород, характеристике складчатых и разрывных нарушений и других проявлений тектоники – кливажа, трещиноватости и т.д. По возможности, приводится связь рельефа с тектоникой и общие выводы о движениях земной коры в геологическом прошлом.

Гл. VII. **Полезные ископаемые.** В этой главе дается краткий перечень металлических и неметаллических полезных ископаемых – месторождения или проявления, вид полезного ископаемого и использование.

Гл. VIII. **История геологического развития.** В этой главе излагаются в возрастной последовательности (от древних к молодым) все экзогенные и эндогенные процессы, сформировавшие структурно-вещественный облик района.

**Заключение.** В заключении приводятся основные итоги работы, подчеркивается всё принципиально новое, и намечаются возможные задачи дальнейших исследований.

В конце отчета приводится **список использованной литературы** при написании отчета. Список составляется в алфавитном порядке.

Геологический отчет, графические приложения, нетекстовые приложения (дневники, каталог образцов, коллекции каменного материала, неиспользованные в отчете зарисовки и фотографии и пр.) прилагаются в отдельной папке. Окончательный отчет подписывается всеми авторами, после чего отдается на проверку и на рецензию. В назначенное время отчет защищается в определенных инстанциях перед комиссией или на НТС (научно-технических советах) головных организаций.

*Примечание. Приемы и методы ведения геолого-съёмочных полевых работ рассматриваются во время учебной геолого-съёмочной практики.*