

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ НЕФТИ И
ГАЗА ИМЕНИ И.М.ГУБКИНА

А.В.Мацера, Л.В.Милосердова, Ю.В.Самсонов

СТРУКТУРНАЯ ГЕОЛОГИЯ

Конспект лекций

для студентов специальностей

08.04.00 – геофизические методы поисков и разведки
нефтяных и газовых месторождений
и

08.09.00 – геофизические методы исследования скважин

Под редакцией профессора В.П.Филиппова

Москва, 2001

УДК 551.24

А.В.Мацера, Л.В.Милосердова, Ю.В. Самсонов, Под редакцией профессора В.П.Филиппова. Структурная геология. Конспект лекций для студентов специальностей 08.04.00 – Геофизические методы поисков и разведки нефтяных и газовых месторождений и 08.09.00 – геофизические методы исследования скважин.

М.:РГУ нефти и газа 2001, 90 стр.

Конспект лекций предназначен для студентов-геофизиков нефтегазового профиля 1 курса. Основное внимание уделено структурным формам осадочных горных пород, а также изображению глубоко погруженных, не выходящих на дневную поверхность геологических тел, так как именно с ними связаны скопления углеводородов.

Рецензенты Н.В.Фролова

В.Л.Чахмахчев

ПРЕДИСЛОВИЕ

Конспект лекций предназначен для студентов-геофизиков 1 курса. Его содержание отвечает программе читаемой дисциплины. Вследствие его краткости, он не заменяет ни учебник, ни сами лекции, однако, мы на-леемся, поможет при подготовке к тестам, контрольным работам и зачету.

Главы конспекта имеют различный объем. Это связано с тем, что наиболее важные для геолога-нефтяника темы структурной геологии описаны более подробно, при сохранении всех разделов структурной геологии как учебного курса. Основное внимание уделено структурным формам осадочных горных пород, а также изображению глубоконогруженных, не выходящих на дневную поверхность геологических тел, так как именно с ними связаны скопления углеводородов, и именно они представляют собой объекты изучения для геофизиков.

Жирным курсивом в конспекте выделены определяемые понятия. Простым курсивом, как правило, выделены примеры. Самые главные понятия заключены в рамки.

Курсивом напечатаны дополнительные сведения и примеры.

На кафедре имеется электронный вариант конспекта, и желающие получить его, могут обращаться к авторам.

Авторы благодарят профессора кафедры разведочной геофизики и компьютерных систем Ю.Н.Воскресенского за ценные замечания и советы.

ВВЕДЕНИЕ

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

Предмет структурной геологии.

Структурная геология – наука, изучающая формы залегания геологических тел в земной коре, причины их образования и историю развития.

Формы залегания геологических тел, причины их возникновения и история развития зависят, главным образом, от тектонических движений, поэтому структурная геология является разделом геотектоники – науки о строении и развитии Земли. Структурная геология изучает элементарные структурные формы, поэтому ее называют иногда морфологической тектоникой.

Задачи структурной геологии и изучения дисциплины.

- ***Научные*** – Все геологические тела имеют очень сложное строение. Любая структура¹ состоит из множества все более и более мелких структурных форм. В этом проявляется их системная иерархия. Задача структурной геологии – создать модель природного рассматриваемого объекта как единого целого на основе обобщенных параметров и в соответствии с поставленными целями. При этом все параметры должны быть одноранговыми (одномасштабными). В противном случае будут получены неправильные выводы и сделаны неправильные прогнозы.

- ***Практические*** – структурная геология основа для изучения условий залегания в земной коре геологических тел. Она позволяет правильно подойти к выявлению и прогнозированию связанных с ними полезных ископаемых, проектировать их разведку и разработку

Хорошо известна приуроченность отдельных видов полезных ископаемых к определенным структурным элементам. *Например, месторождения бокситов (алюминиевой руды) связаны с несогласиями, залежи нефти и газа – с антиклинальными складками, зонами выклинивания, рифами и др.*

Для геологии нефти и газа структурная геология является одной из базовых дисциплин, занимающихся поисками и изучением различных типов ловушек в земной коре, в которых могут образоваться скопления углеводородов. В настоящее время основным вопросом, которым занимается структурная геология, является моделирование структурных форм.

- ***Учебные*** – заключаются в знакомстве с формами геологических тел, методами их изучения и способами изображения.

¹ Структурой называется пространственная форма залегания горных пород, характеризующаяся определенным расположением слагающих ее элементов

После изучения курса студент должен:

Знать (изучается на лекциях)	Уметь (осваивается на практических занятиях)
1. Формы залегания геологических тел различных рангов	Изображать их на геологических чертежах
2. Условия формирования геологических тел (геологических структур).	Восстанавливать геологические условия возникновения и развития геологических тел
3. Назначение различных геологических чертежей, принципы и методы их составления. Назначение и геологическую информативность аэро - и космоснимков, технику и технологию их получения.	Читать любой геологический чертеж, преобразовывать одни чертежи в другие, графически представлять геологическую информацию, проводить геологическое дешифрирование материалов аэро - и космических съемок.

Связь дисциплины с другими науками.

Структурная геология **связана** с геофизикой, геодезией, исторической геологией, стратиграфией, геоморфологией и другими науками. Эта связь заключается в том, что она пользуется в своих построениях фактами и закономерностями, установленными этими науками, сама поставляет факты для развития этих наук, использует их методы и сама разрабатывает методы для них. Особенно тесно структурная геология связана с **геологической картографией**, **геологической съемкой**, **геометризацией недр**, а также с **геологическим дешифрированием** материалов аэро - и космических съемок. Данные, по которым составляются геологические чертежи, разобщены и всегда недостаточны. Часто единственной возможностью увидеть проявления геологических тел в их естественных границах и соотношениях с другими телами является изучение их по материалам дистанционных (аэрокосмических) съемок.

ТЕМА I. ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ТЕЛА, ИХ ГРАНИЦЫ.

Признаки недр, геологические тела и геологические границы

1.1. Признаки недр

Недрами называется все, что находится внутри Земли, включая ее поверхность. В том же значении употребляется понятие «**геологическое пространство**».

Признак недр – это любое геометрическое, физическое, химическое геологическое свойство земных недр, которое может быть определено и выражено числом или описано качественно в любой точке

Признаки недр могут быть естественными, видимыми (цвет, состав) или умозрительными (происхождение, возраст).

Например, признаком недр может быть толщина (мощность) слоя, абсолютная отметка или глубина залегания геологической граничной поверхности, процент или кларк какого-либо элемента, наличие или отсутствие какого-либо минерала, плотность пород, электрическое сопротивление, радиоактивность и т.д. Признаки недр можно задавать не только числами, но и понятиями (например, песчаник, область размыва, юрская система, газовая залежь и т.д.).

Признаки недр выделяются в соответствии с задачами конкретного геологического исследования и зависят от особенностей изучаемой территории.

1.2. Геологические тела

В любом объеме земных недр можно выделить некоторую его часть, обладающую сходными значениями выбранного признака, за пределами которого признаки будут иными. Например, можно выделить слой битуминозного алевролита. Выше и ниже его по разрезу точно такие же на первый взгляд слои алевролита не будут битуминозными.

Геологическое тело – это часть недр, внутри которой остаются постоянными те признаки недр, по которым определены границы этого тела, отделяющие его от окружающего пространства.

В одном и том же объеме горных пород, основываясь на различных признаках, можно выделить различные геологические тела. Например, на одной и той же территории литолог выделит геологические тела, отличающиеся по составу. Стратиграф, палеонтолог отметит различные по возрасту слои пород, нефтяник закартирует нефте- и газонасыщенные или не содержащие нефти и газа слои, и так далее.

Понятие геологического тела тесно связано с понятием «геологическая граница»

1.3. Геологические границы

Геологической границей называется поверхность, вдоль которой остается неизменным тот признак недр, по которому выделялось данное геологическое тело и при переходе через которую этот признак меняется

В одном и том же объеме горных пород могут быть проведены различные геологические границы, выделяющие различные геологические тела.

Наиболее часто в структурной геологии изучаются геологические тела, выделенные по составу (породные тела или горные породы) или возрасту (биостратиграфические или хроностратиграфические тела).

Если горные породы не изменяли свою форму с момента образования, то их залегание называется *ненарушенным*. В противном случае говорят о *нарушенном* залегании горных пород. Если нарушение произошло под действием тектонических сил, оно называется *тектоническим*.

Геологу-нефтянику обычно приходится изучать формы залегания слоистых толщ. Иногда структуры в них возникают во время осадконакопления, при погружении или поднятии бассейна седиментации. Такие структурные формы называются *конседиментационными*. Для них характерна разная мощность одного слоя. Так, на поднятом крыле конседиментационной флексуры и в замке конседиментационной антиклинали мощность слоев уменьшается, а на опущенном крыле флексуры и в ядре синклинальной складки – увеличивается. Структурные формы, образовавшиеся после осадконакопления, называются *постседиментационными*. Мощность слоев в них везде одинакова.

ТЕМА 2. ИЗОБРАЖЕНИЕ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ТЕЛ. ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ КАРТЫ.

Геологические чертежи, их виды и назначение. Геологические карты классификации семейства геологических карт, Государственная геологическая карта. Карты в изолиниях и структурные карты, компоновка карты и ее элементы. Геологические разрезы. Стратиграфическая колонка

2.1 Геологические чертежи, их виды и назначение.

Информацию о геологическом строении территорий чаще всего изображают с помощью *геологических чертежей*, главнейшими из которых являются различные геологические карты и геологические разрезы. Кроме того, в геологии используются геологические планы, схемы, схематические карты и картосхемы, блок-диаграммы, стратиграфические колонки.

2.2. Геологические карты

Геологическая карта – уменьшенное, генерализованное, условное изображение геологических тел и их признаков, процессов и явлений на топографической основе²

Важнейшей особенностью любой, в том числе и геологической, карты является ее *генерализация* – отбор и обобщение изображаемых на карте объектов в соответствии с тематикой, назначением, масштабом карты и особенностями картируемых объектов и явлений. Подробнее о картографической генерализации см. приложение 2.

² Подробнее о топографической основе см. приложение 1

2.2.1. Классификации семейства геологических карт.

К семейству геологических карт относятся любые карты, характеризующие признаки недр.

Наибольшее распространение среди геологов получили карты, на которых изображаются выходы на дневную поверхность стратиграфических комплексов и магматических пород – *геолого-стратиграфические*. Их называют просто геологическими картами, в отличие от карт (тоже геологических) другого содержания – *структурных, тектонических, палеогеографических, аномалий магнитного поля и т.д.* Геолого-стратиграфические карты составляются, как правило, в процессе Государственной геологической съемки.

Не меньшее значение для нефтяников имеют структурные карты, изображающие стратоизогипсами поверхность какого либо слоя. Чаще всего структурные карты строят по кровле нефтенасыщенного слоя или по поверхности несогласия.

Геологические карты классифицируются по различным признакам. В таблице 2.1. приведены классификации геологических карт по различным классифицирующим признакам.

2.2.2. Государственная геологическая карта

Государственная геологическая карта составляется полистно в результате государственной геологической съемки главного источника информации о геологическом строении территории. Вкратце о производстве государственной геологической съемки см. приложение 3. Государственные геологические карты составляются в соответствии с инструкциями по содержанию карт и их условным обозначениям, методике проведения работ и содержания условных обозначений к ним. Такие карты называются *кондиционными*.

Государственная геологическая карта – это целый комплект геологических карт одной и той же территории, сопровождаемый объяснительной запиской. Например, государственная геологическая карта м-ба 1:200 000 включает карту дочетвертичных отложений, карту четвертичных отложений, геоморфологическую, тектоническую, экологическую схемы в масштабе 1:100000, геологические профильные разрезы и стратиграфическую колонку. Многие считают, что только кондиционные государственные геологические карты имеют право называться геологической картой.

Ведомственные и частные карты относятся к некондиционным. Требования к их составлению не столь жесткие и определяются в соответствии с задачами и целями карты.

Для точной и однозначной привязки каждого листа карты к изображенному на ней участку местности, разработана *номенклатура многолистных карт*.

Таблица 2.1.

Главные виды геологических карт

Классифицирую- щий признак		Виды карт	
1. Содержание		По разделам геологических наук (литологические, тектонические, структурные, и т.д.)	
2. Масштаб	Обзорные (мелчье 1:1000000)	Мелкомасштабные 1:1000000, 1:500 000	Среднemасштабные 1:2000000, 1:100000
			Крупномасштабные 1:50000, 1:25000
			Детальные (1:10 000 и крупнее)
3. Картируемое время	Ретроспективные	Актуальные	Прогнозные
4 Организацион- ные условия составления	Государственные	Ведомственные	Частные
5. Назначение	Научно-справочные	Оперативные	Демонстрационные
			Учебные
6. Способ изображения	Проекции с числовыми отметками		
7 Степень теоретического обобщения	Первичные	Переходные	Аналитические
8. Тип геологических систем	Статические		
9. Использование ЭВМ	Традиционные		
	Числовые		

Номенклатура – это зашифрованное численно-буквенное обозначение местоположения и масштаба листа карты.

Подробнее про номенклатуры карт рассказано в приложении 4.

2.2.3. Карты в изолиниях и структурные карты.

Изолиниями называют линии, соединяющие точки с одинаковыми значениями параметра математической топографической поверхности. В геологии – это обычно количественный показатель признака недр. Изолинии могут характеризовать как абстрактное, так и реальное геологическое тело. При использовании изолиний характеристика явлений достигается не отдельно взятой кривой, а их совокупностью.

Самый важный в структурной геологии вид карт в изолиниях **структурные карты**, изображающие в изолиниях форму (рельеф) геологической границы – кровли или подошвы пласта, интрузии, сместителя разрыва, поверхности несогласия и т.д. Чаще всего в нефтегазовой геологии строят структурные карты кровли продуктивного горизонта.

Изолинии слоя называются **стратоизогипсами**. В производстве часто термин «стратоизогипсы» заменяют термином «изогипсы».

В нефтегазовой геологии часто используются карты толщин пород-коллекторов, карты, характеризующие изменения их коллекторских свойств, пластовые давления и их изменение во времени и многие другие. На такую карту, как на основу можно проецировать другие параметры геологических тел, – например, контуры залежи нефти. Важнейшим достоинством карт в изолиниях является возможность производства с ними математических действий. В результате получаются карты новых, производных геологических характеристик. Например, вычтя из структурной карты кровли какого-либо слоя карту мощностей того же слоя, получим структурную карту подошвы этого слоя. Эту работу студенты выполняют на практических занятиях под названием «Построение структурной карты методом схождения». Карты в изолиниях просты и наглядны.

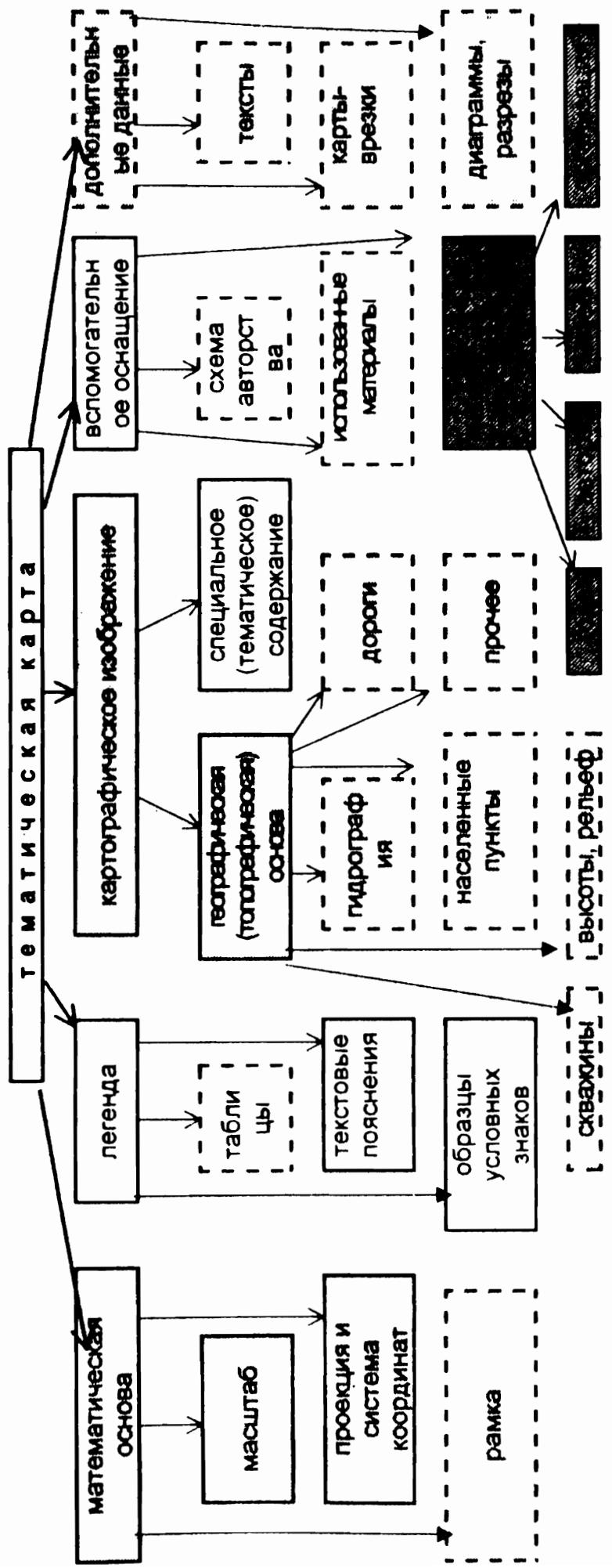
2.2.4. Компоновка карты и ее элементы.

Схема структуры тематической карты и ее составные части (элементы) приведены на рис. 2.1.

Компоновка карты – это расположение рамки карты относительно изображенной на карте территории, размещение названия карты, ее легенды, дополнительных и других данных. Компоновка карты проектируется с учетом формата будущей карты, на свободных от картографического изображения листах.

Вертикальная рамка карты ориентируется обычно на север, хотя возможны и отступления от этого правила. Заголовок обычно помещается сверху, условные обозначения – справа и внизу. Остальные сведения раз-

рис. 2.1. Структура карты



В сплошных рамках помещены обязательные элементы карт, в пунктирных – необязательные.

мешаются на свободных участках листа, с учетом эстетических требований и логической целесообразности. Для серии производных карт одной и той же территории компоновку делают унифицированной. Для многолистных карт заголовок, вспомогательное оснащение, дополнительные данные и легенда, как правило, размещаются на отдельном листе.

На Государственных и ведомственных картах компоновка регламентируется соответствующими инструкциями.

2.3. Геологический разрез.

Геологическим разрезом (профилем, профильным разрезом) называется двумерное графическое изображение в определенном масштабе вертикального сечения земной коры от ее поверхности на ту или иную глубину, т.е. разрезы позволяют наглядно представить характер залегания пород на глубине. Вертикальная глубина и детальность разрезов зависит от фактического геологического и геофизического материала, который был использован при их составлении.

Геологические разрезы являются важнейшим графическим документом геологической отчетности. С помощью геологического разреза показывается структура района, “скрытые” дислокации, можно определить толщины стратиграфических подразделений и литологических комплексов пород, глубины их залегания и т.д.

Геологические разрезы можно построить по данным буровых работ, по результатам интерпретации геофизических данных, по геологической карте, по нескольким структурным картам.

Иногда не совсем точно, геологическим разрезом называют чертеж, показывающий последовательность напластования горных пород в обнаружении, в скважине, или даже стратиграфическую колонку. Чтобы не было недоразумений, следует пользоваться терминами «геологический профильный разрез», «разрез скважины» и т.д.

2.4. Стратиграфическая колонка

Стратиграфическая колонка отражает последовательность накопления развитых на плоцади карты пород, их мощность, состав, характер залегания. Строится колонка в виде таблицы, в которой слева написаны подразделения стратиграфической шкалы для пород территории карты, в центре условными знаками показан литологический состав пород, их взаимоотношения, правее отдельными колонками дается мощность и краткое описание литологического состава пород и названия найденной в них фауны и флоры. Пример компоновки стратиграфической колонки есть на любой учебной геологической карте.

В совокупности карта, разрез, колонка содержат интегрированную информацию о литологии, тектонике, истории геологического развития

района, позволяют прогнозировать работы по поискам полезных ископаемых

ТЕМА 3. СЛОЙ. СТРОЕНИЕ СЛОИСТЫХ ТОЛЩ. НЕСОГЛАСИЯ.

Слой и его элементы: поверхности напластования и их признаки, мощность (толщина) слоя и ее виды. Латеральное окончание слоя. Слоистость и ее виды. Неслоистые формы залегания осадочных горных пород. Согласное и несогласное залегание. Виды несогласий.

3.1. Слой и его элементы.

Чаще всего осадочные горные породы залегают в виде **слоя**.

Слой – это более или менее однородный, первично обособленный осадок (или горная порода), ограниченный приблизительно параллельными поверхностями

Однородность слоев может быть выражена в составе, текстуре, наличии окаменелостей, возрасте и других признаках.

Площадь распространения слоев колеблется от сотен квадратных метров до десятков квадратных километров.

Помимо термина «слой» в геологии употребляется и слово «**пласт**», который часто выступает как его синоним, но использование этого термина имеет некоторые особенности.

«Слой» применяется только по отношению к осадочным горным породам, тогда как пласт может быть интрузивным (силл), эфузивным (базальтовый покров), рудным и т.д. В этом смысле понятие пласта шире понятия слоя.

«Пласт» обычно говорят про слой полезного ископаемого – например, «пласт каменного угля», «нефтенасыщенный пласт», «рудный пласт».

Иногда под термином «пласт» понимают совокупность маломощных слоев.

Существует еще понятие «**горизонт**», - регионально распространенный слой, отличающийся от соседних слоев по каким-либо признакам. В тех случаях, когда эти отличия ясно выражены по цвету, составу или другим признакам, данный горизонт можно использовать как репер при соотнесении частных геологических разрезов при прослеживании структурных форм. Такой горизонт называется **маркирующим горизонтом**. При геофизических исследованиях маркирующим горизонтом являются границы между породами с различными геофизическими свойствами.

По литологическому составу слои объединяют в **пачки** – совокупности слоев сходного литологического состава (**глинисто-кремнистая пачка**). Пачки объединяют в **толщи** – совокупности слоев, сходного состава, облика или происхождения. Совокупность толщ по отличительным лито-

логическим признакам составляет *свиту*. В американской и западноевропейской литературе свите соответствует *формация*.

Самая древняя поверхность слоя (нижняя при ненарушенном залегании) называется *подошвой*, а самая молодая - *кровлей* слоя. Эти поверхности, разделяющие один слой от другого, называются поверхностями напластования. Следовательно, поверхность напластования – общая часть двух смежных слоев. Строение поверхности напластования несет важную информацию о происхождении и условиях формирования слоя.

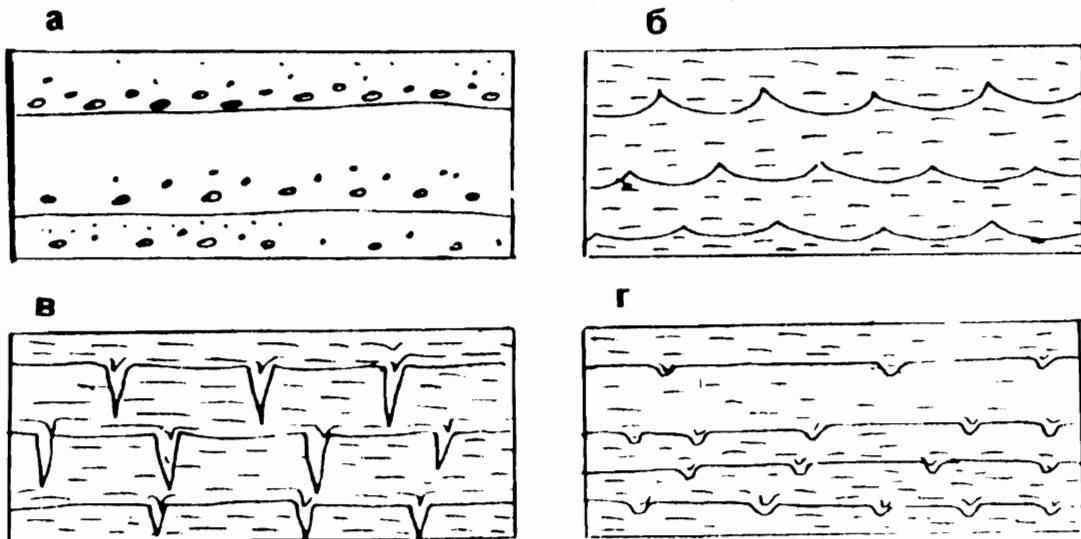
Так как слои в процессе своего существования могут изменить свое первоначальное положение – наклониться, перевернуться или стать вертикальными, очень важно уметь распознавать подошву и кровлю слоя

3.1.1. Поверхности напластования и их признаки

- **Уменьшение размера терригенных частиц** происходит от подошвы к кровле слоя в обломочных породах – песчаниках и алевролитах (рис 3.1.а). Уменьшение размеров зерен связано с тем, что при образовании осадка сначала оседают более грубые частицы, а затем все более и более мелкие.
- **Знаки ряби и волноприбойные знаки** – на слегка неровной поверхности напластования часто можно наблюдать системы небольших параллельных (знаки ряби) или дугообразно выпуклых перекрывающих друг друга (волноприбойные знаки) гребешков и ложбинок высотой 0,5-2 см, представляющих собой окаменевшие следы действия воли или ветра. Острия гребешков указывают направление молодого слоя. В тех случаях, когда знаки ряби асимметричны, более крутые их стороны указывают направление движения материала, ориентировка выпуклости указывает на положение палеоберега осадочного бассейна (рис.3.1.б). Знаки ряби и волноприбойные знаки образуются только в прибрежных частях бассейнов.
- Трешины усыхания (первичные трещины) образуются при высыхании осадка. Затем они заполняются материалом нового вышележащего слоя, в результате чего на подошве слоя образуются валики и рубцы (слепок), а на кровле – бороздки (рис.3.1.в)
- Следы ползания животных (биоглифы, син. гиероглифы, иероглифы, флишевые фигуры) образуются на поверхности не затвердевшего или стального осадка. При накоплении следующего слоя осадка эти неровности заполняются материалом и отпечатываются в виде слепков валиков высотой до 4 см. В результате на кровле слоя образуются бороздки, а на подошве – валики и рубцы (рис.3.1.г).

Признаки подошвы слоя встречаются не повсеместно, их приходится специально разыскивать в керне и обнажениях горных пород.

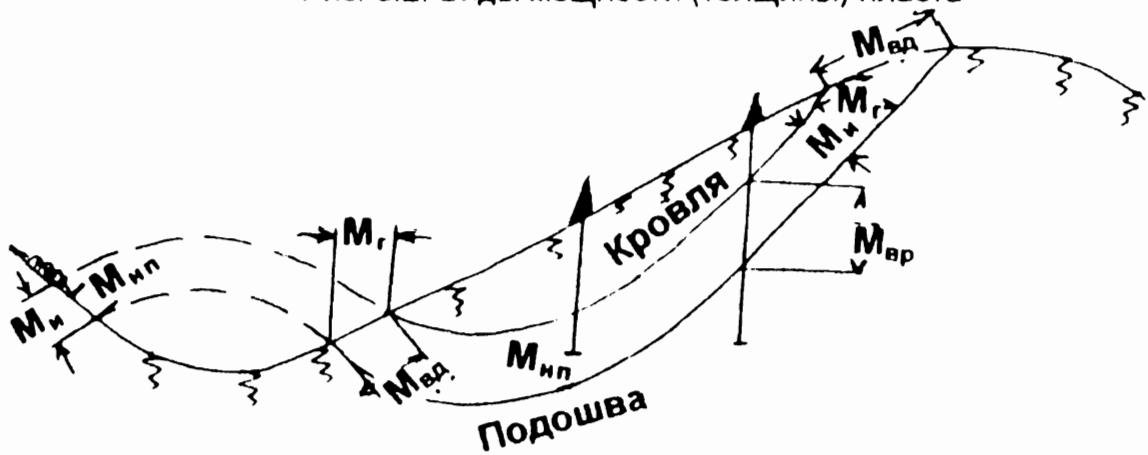
Рис. 3.1. Признаки подошвы и кровли слоя



3.1.2. Мощность (толщина) слоя и ее виды

Мощность (толщина) слоя - это расстояние между его поверхностями напластования кровлей и подошвой. Кратчайшее расстояние между ними называется *истинной* (M_i) толщиной. Если граничные поверхности не параллельны, в качестве истинной толщины принимают среднюю величину двух замеров. Кроме того, выделяют толщины: *горизонтальную* (M_r) - расстояние между кровлей и подошвой по горизонтали, *вертикальную* (M_{vp}) - расстояние между кровлей и подошвой по вертикали, *видимую* (M_{vd}) - расстояние между кровлей и подошвой по любому другому направлению. Кроме того, толщины могут быть полными, измеренными от кровли до подошвы пласта, и неполными (M_{np}), характеризующими только некоторую его часть (рис.3.2).

Рис. 3.2. Виды мощности (толщины) пласта



Различные виды мощностей связаны между собой простыми тригонометрическими соотношениями. Значения истинных мощностей использу-

зуются при составлении карт мощностей, палеотектонических построениях, при подсчете запасов полезных ископаемых, в том числе нефти и газа.

Мощность слоев, в основном, колеблется от сантиметров до нескольких метров.

3.2 Латеральное окончание слоя.

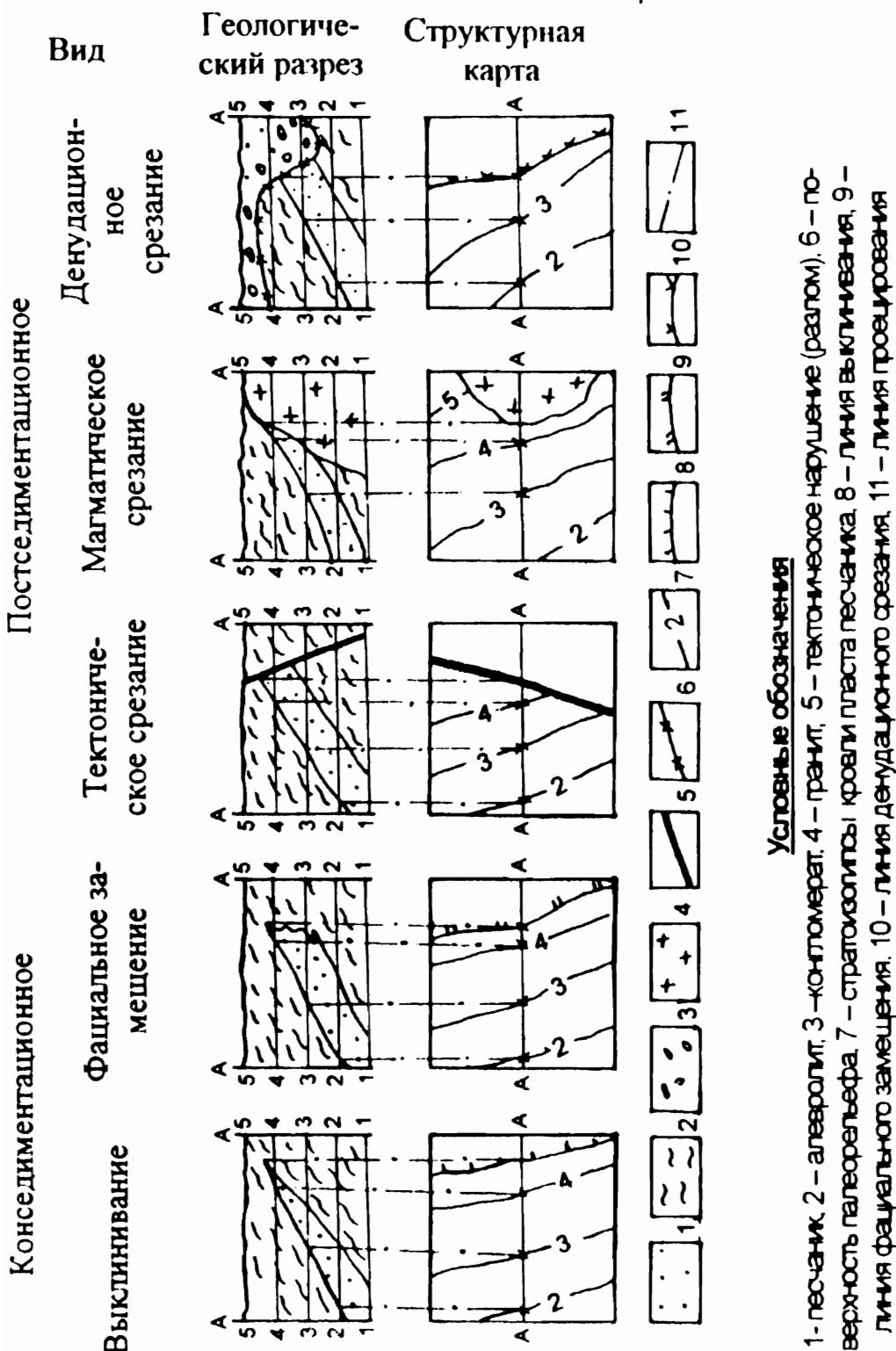
Окончание слоев с боков называются **латеральным** окончанием слоя. Такое окончание может быть первичным, образованным в момент формирования слоя – **конседиментационным**, или вторичным, образованным после формирования слоя – **постседиментационным**. На рис.3.3 приведены различные виды латерального окончания слоя на разрезах и структурных картах. В качестве примера изображен слой моноклинально залегающего песчаника среди алевролитов. Абсолютные отметки на разрезах приведены в условных величинах. На геологической карте (карте среза дневной поверхности) латеральное окончание данного слоя никак не отобразится.

3.3. Слоистость и ее виды.

Совокупность слоев образует **слоистость**. Взаимоотношения слоев и слойков характеризуют условия их осадконакопления. Выделяются следующие виды слоистости: (рис.3.4).

- ❖ **Горизонтальная** – образуется при формировании осадка только под действием гравитации при периодических, например сезонных изменениях в озерах (рис. 3.4 а).
- ❖ **Волнистая** слоистость (рис. 3.4 б) образуется при периодических изменениях скорости, направлений движения воды в прибрежных водоемах или в руслах рек (например, при приливах и отливах). Амплитуда волн – первые десятки сантиметров, высота – 2-7 см. Важным отличием волнистой слоистости от складчатых отложений является горизонтальное параллельное расположение плоских чешуйчатых минералов, как показано на рисунке.
- ❖ **Косая** слоистость – это такая слоистость, когда внутри слоя выделяются слойки, различно ориентированные по отношению к кровле и подошве слоя и друг к другу. Образуется в условиях турбулентного движения потока. Выделяются следующие виды косой слоистости:
 - **речных потоков** (рис. 3.4 в₁) – слойки имеют общий одинаковый наклон с падением, совпадающим с направлением движения реки,
 - **дельт** характеризуется пологими углами слойков у подошвы и плохой выраженностью слойков по направлению к кровле. Кроме того, по направлению к кровле материал слойков становится грубее (рис. 3.4 в₂),

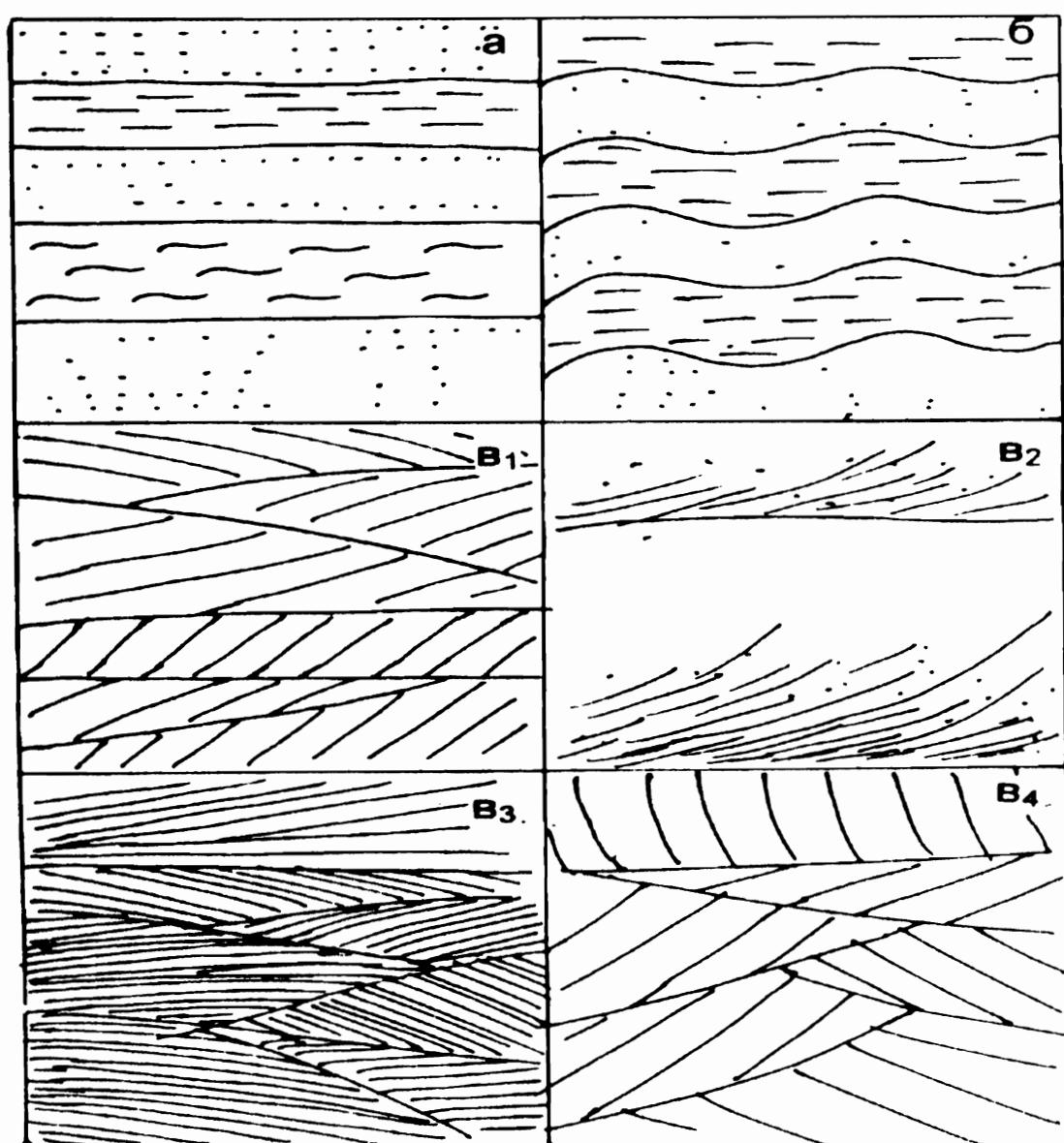
Рис 3.3. Изображение латерального окончания слоя на геологических чертежах



- **прибоя** - характеризуется малой толщиной слойков (миллиметры) и их разнообразной ориентировкой (рис. 3.4 в₃)
- эоловая** (рис. 3.4 в₄) – наиболее неравномерная и нерегулярная из всех видов косой слоистости. Во всех случаях косой слоистости протяженность слойков обычно составляет сантиметры и лишь в отдельных случаях – десятки сантиметров при их толщине от нескольких миллиметров до первых сантиметров.

Рис. 3.4 Слоистость и ее виды

а - горизонтальная, б – волнистая; в - косая:
 в₁ – речных потоков, в₂ – дельт, в₃ – прибоя, в₄ – эоловая



3.4. Неслоистые формы залегания осадочных горных пород

Представление о слое как о плите с идеально плоской кровлей и подошвой и с постоянной мощностью правильно лишь в некотором приближении.

жении или при линейной интерполяции разрозненных данных при геометризации недр. Но иногда, даже приблизительно, невозможно рассматривать осадочное геологическое тело в виде слоя. Обычно неслоистое залегание характерно для биогенных пород и терригенных пород континентального и прибрежно-морского генезиса. Существуют следующие виды неслоистого залегания осадочных горных пород.

- В слое могут быть *пережимы* – участки с уменьшенной толщиной
- Иногда слой быстро выклинивается во все стороны, образуя геологическое тело в виде чечевицы, – такая форма залегания называется *линзой*. У линзы отношение мощности к длине меньше 1:5. Линзовидное выклинивание слоев происходит по разным причинам
- Вытянутое осадочное геологическое тело, обладающее значительной протяженностью в одном направлении, а в другом быстро выклинивающееся, называется *шнурком*. В тех случаях, когда шнурок извилистый, его иногда называют *рукавом*. Шнурки и рукава образуются при заполнении осадками долин рек или в условиях течений водных потоков вдоль берегов.
- Осадочные геологические тела неправильной формы - *языковидные и расщепленные*. Такие тела характерны для склоновых отложений. Специфические сложнопостроенные языковидные, расщепляющиеся линзовидные тела на континентальном склоне и внешней части шельфа, образуют циклически построенные тела, называемые *клиноформами*. Они образуются при боковом наращивании континентального склона за счет заполнения бассейна, выносимым с суши через шельф, терригенно-глинистым материалом. В настоящее время клиноформы считаются одними из наиболее перспективных структур для поисков залежей нефти и газа.
- *Биогермы* - постройки, созданные в результате жизнедеятельности живых организмов. Чаще всего это устричные банки, коралловые и водорослевые рифы. В погребенных коралловых рифах сосредоточена значительная часть разведанных запасов углеводородов.
- *Кластические дайки* – дайкообразные тела, сложенные осадочными породами. Они обычно секут вмещающие породы. Ширина их колеблется от нескольких миллиметров до нескольких метров, а длина и глубина проникновения в земную кору – от нескольких метров до нескольких километров. Часто породы, слагающие кластические дайки более стойкие к выветриванию, чем вмещающие, поэтому на поверхности нередко имеют вид сильно разрушенных стен. Редкие геологические тела.

3.5. Согласное и несогласное залегание. Виды несогласий.

Наличие осадочных пород определенного возраста на территории указывает на то, что в период их накопления на данной площади было опускание земной коры, так как только при этом накапливаются толщи пород значительной (сотни метров и километры) мощности. По палеогеографии такие области представляют собой водные бассейны (*моря, озера, болота, крупные речные долины*).

Если осадочные породы залегают в разрезе без каких-либо следов перерыва в осадконакоплении, это свидетельствует о *согласном залегании*. Отсутствие отложений каких-либо стратиграфических подразделений свидетельствует о поднятиях земной коры, сопутствующем разрушении, размыве отложений. При длительных, устойчивых поднятиях земной коры морские условия сменяются континентальными. В континентальных условиях также формируются осадочные породы (речные, озерные, склоновые, ледниковые, золовые и др.) Но они сравнительно маломощные и не имеют широкого распространения, так как в условиях суши над процессами осадконакопления преобладают процессы неравномерного разрушения земной коры и формирование в результате денудационного рельефа.

После того, как территория вновь погрузится и станет областью накопления осадков, в геологическом разрезе появятся уже две толщи, разделенные перерывом в осадконакоплении. Такое залегание называется **несогласным**, а поверхность, разделяющая две несогласно залегающие толщи, - **поверхностью стратиграфического несогласия**.

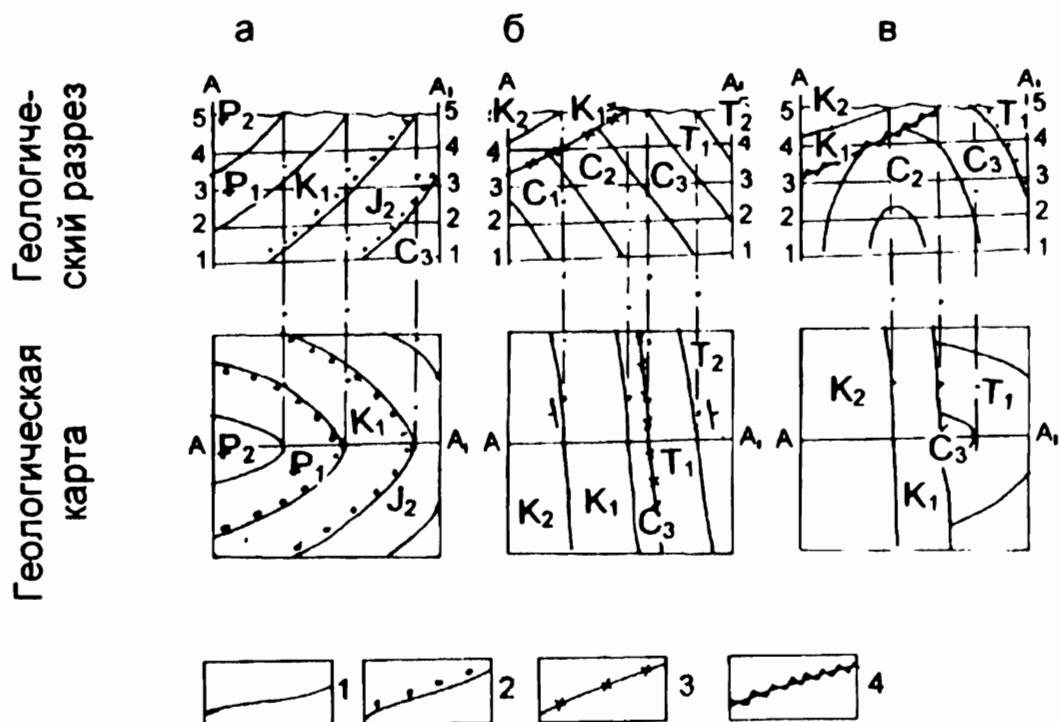
Если обе серии при этом залегают, в целом, параллельно друг другу, такое несогласие называется *параллельным несогласием* (рис. 3.5.а). Иногда поверхность несогласия разделяет сходные по составу породы. Такое несогласие называется *скрытым*. Если нижняя толща во время перерыва подверглась дислокациям, ее слои были наклонены или изогнуты в складки, а затем срезаны, верхняя толща залегает на срезанной поверхности дислоцированных слоев, то возникает *угловое несогласие*. При этом слои верхней серии залегают параллельно поверхности несогласия, тогда как слои нижней серии контактируют с ней под тем или иным *углом несогласия*. Иногда залегание верхней и нижней толщи отличаются друг от друга только углом. Такое несогласие называется собственно угловым несогласием (рис. 3.5.б). Если залегание отличается еще и азимутом, то его следует называть *азимутальным несогласием* (рис. 3.5.в). Выделяют еще и *географическое несогласие* – с разницей углов падения верхней и нижней толщи в 1 – 3°. Его можно определить только при прослеживании условий залегания толщ на обширных площадях.

По площади распространения несогласия делят на *региональные*, захватывающие огромные территории, и *локальные*, отражающие локальные поднятия, площадью первые сотни квадратных километров.

Все перечисленные несогласия называются *истинными* несогласиями, образованными после формирования горной породы. Кроме того, выделяют *ложные и внутриформационные несогласия*, образующиеся в результате размыва сингенетичного с накоплением осадка, перемыча осадка придонными течениями. К этому типу несогласия относятся также размывы, возникающие в сериях косослоистых пород. В обнажениях внешне такие размывы могут иметь все признаки несогласий, но они не отражают перерывов в осадконакоплении, переломных моментов в колебательных движениях земной коры и новых циклов осадконакопления. Часто бывает трудно отличить истинное несогласие от ложного.

Рис3.5. Стратиграфические несогласия.

а – параллельное, б – угловое, в – азимутальное



Условные обозначения

1 – согласное залегание, 2 – параллельное несогласие, 3 – угловое несогласие, 4 – азимутальное несогласие.

Признаки несогласий на геологической карте:

1. “Утыкание” геологических границ толщи в подошву несогласия
2. Выпадение из разреза отдельных стратиграфических подразделений (в случае параллельного несогласия).
3. Волнистая линия на стратиграфической колонке.

Признаки несогласий в обнажениях горных пород

1. Многочисленные неровности и карманы на поверхности напластования.
2. Различные следы выветривания (образование коры выветривания), пустынный загар, окремненная поверхность известняков, ожелезнение по предполагаемой поверхности несогласия.

3. Резкий переход от континентальных отложений к морским или от морских к континентальным.
4. Присутствие базального конгломерата.
5. Угловое несогласие между толщами.
6. Резкий возрастной разрыв между руководящими ископаемыми в выше и нижележащих слоях.

Классификация несогласий приведена на рис. 3.6.

При несогласном осадконакоплении слои верхней серии заполняют впадины древнего рельефа, и лишь потом молодые его слои перекрывают и выпуклости этого рельефа. Размах рельефа обычно не превышает десятков метров, но иногда достигает и 500 - 700.

Несогласие – это не поверхность, не имеющая толщины, а *геологическое тело*, сложенное измененными породами – окисленными, выветрившими, называемыми корами выветривания. Несогласие в большой степени разбито многочисленными трещинами и часто является коллектором, с которым связаны, так называемые, стратиграфические залежи нефти и газа. Мощность кор выветривания обычно составляет десятки метров, а иногда достигает даже сотен метров.

ТЕМА 4 НЕНАРУШЕННОЕ ЗАЛЕГАНИЕ

Горизонтальное залегание. Признаки горизонтального залегания на карте

Первично негоризонтальное залегание осадочных горных пород

Наклонное залегание. Элементы залегания. Пластовые треугольники

4.1. Горизонтальное залегание

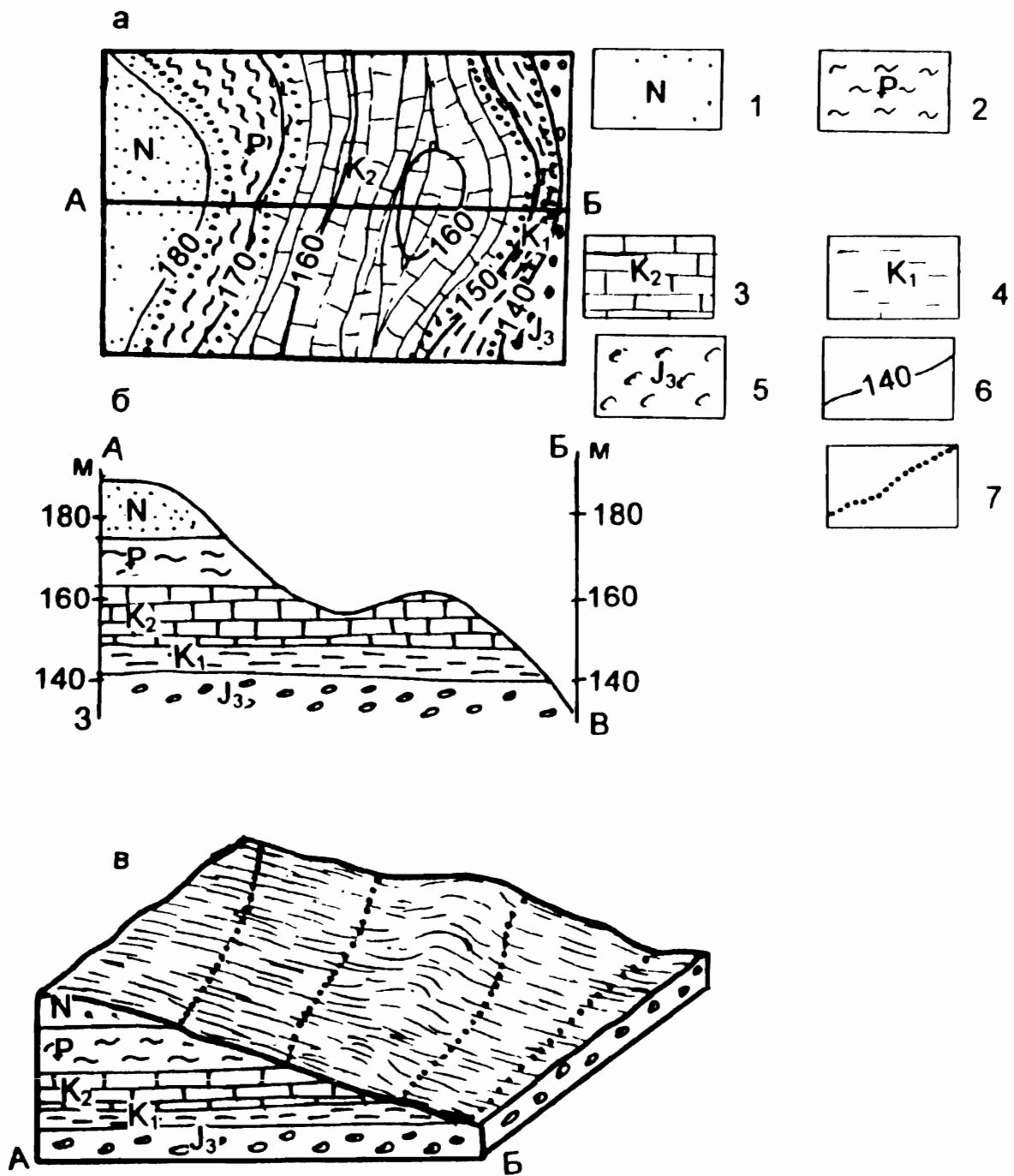
Горизонтальным залеганием горных пород (или горизонтальной структурой) называют такое залегание, когда поверхность напластования слоев в целом совпадает с горизонтальной плоскостью. Идеально горизонтальных слоев не бывает, поэтому горизонтальной обычно называют такие структуры, углы наклона которых не превышают 3°. Такие структуры широко распространены на относительно тектонически устойчивых платформах.

При горизонтальном залегании положение геологических границ между разновозрастными породами на карте определяется рельефом местности. Если рельеф плоский или слаборасчлененный (амплитуда расчленения меньше мощности самых молодых пород), то на поверхности будут видны только эти породы, и на геологической карте вся площадь будет закрашена одним цветом.

Рис.3.6. Виды несогласий

Классифицирующий признак		Виды несогласий	
По причине возникновения		Стратиграфические	Тектонические Магнитические
По соотношению элементов залегания слоев		<p>Географическое 1-3°</p> <p>Параллельные</p>	<p>Угловые >3°</p> <p>Слабые <30°</p> <p>Резкие >30°</p> <p>Азимуты совпадают – собственно угловые</p> <p>Азимуты не совпадают – азимутальные</p>
Разделяемые породы		Разные – собственно параллельные	Однаковые - скрытые
Площадь распространения			Локальные (местные)
Объем участующих пород			Внутриформационные
			Истинные

Рис. 4.1 Горизонтальное залегание

**Условные обозначения**

1.- неогеновая система, пески, 2 – палеогеновая система, алевролиты, 3 – меловая система, верхний отдел, известняки, 4 – меловая система, нижний отдел, глины, 5 – юрская система, верхний отдел, конгломераты, 6 – горизонтали, 7 – геологические границы.

Если же территория имеет сильно расчлененный рельеф, на поверхности будут видны и более древние породы. При этом самые молодые породы окажутся на самых возвышенных участках рельефа, а более древние будут прослеживаться по склонам: чем древнее – тем ниже. Поскольку при горизонтальном залегании абсолютные отметки одноименных границ между слоями везде приблизительно одинаковы, на карте они будут повторять форму рельефа.

рять изгибы рельефа, показанные горизонталями. По этим признакам всегда можно определить по карте горизонтальное залегание (рис. 4.1).

4.2. Первично негоризонтальное залегание осадочных горных пород

Иногда отложение осадков происходит на наклонную поверхность, и залегание оказывается *первично негоризонтальным*. Такими отложениями являются, например, речные отложения на склонах долин, морские – на краях рифовых массивов или при заполнении впадин в кровле нижележащих осадков (прилегание и облекание). Встречаются также первично-складчатые формы залегания пород, обусловленные подводными оползнями неконсолидированного осадка на крутых береговых склонах. Первичные наклоны обычно сохраняются в пределах очень ограниченных стратиграфических интервалов и на незначительной площади, поэтому быстро сменяются вверх по разрезу и по площади горизонтальным залеганием.

Структурную карту горизонтально залегающих толщ построить невозможно.

4.3. Наклонное залегание.

В тех случаях, когда залегание горных пород можно представить в виде наклонной плоскости, говорят о **наклонном - моноклинальном залегании**.

На рис.4.2. изображена моноклиналь.

Чем положе залегают слои горных пород, тем шире выходы на земную поверхность этих слоев, изгибы геологических границ ближе к изгибам рельефа, реже расположены стратоизогипсы на структурных картах.

При вертикальном залегании слоев на поверхности будет наблюдаться их истинная мощность. Геологические границы пойдут независимо от рельефа параллельно друг другу. Структурную карту вертикальной поверхности построить невозможно.

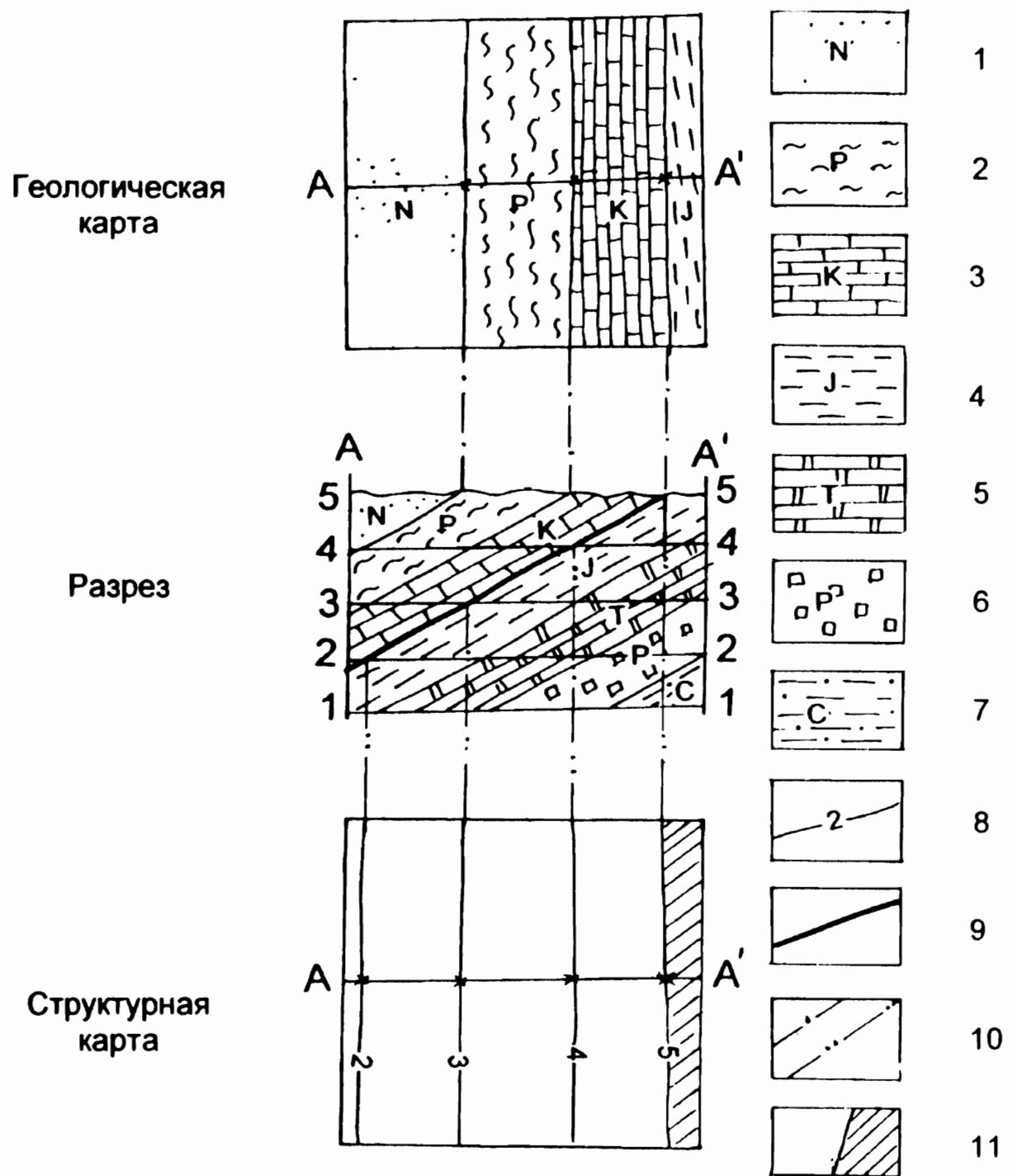
4.3.1.Элементы залегания

В геологии ориентировку в пространстве наклонной плоскости (*кровли или подошвы пласта, маркирующего горизонта, сместившую разлома и т.д.*) характеризуют падением (вектор B_{\perp}) на рис. 4.3.

Падением называется вектор, лежащий в плоскости пласта, имеющий максимальный угол наклона и направленный в сторону наименьших отметок.

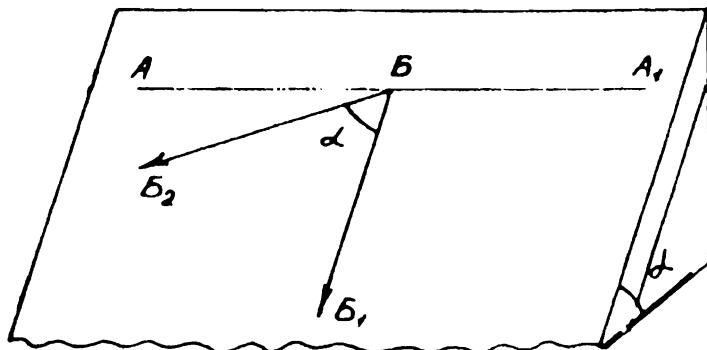
Противоположное направление называется **восстанием** (вектор B_{\parallel} на рис. 4.3).

Рис. 4.2 Моноклиналь.



Условные обозначения: 1 – неогеновая система, пески, 2 – палеогеновая система, алевролиты, 3 – меловая система, известняки, 4 – юрская система, глины, 5 – триасовая система, доломиты, 6 - пермская система, каменная соль, 7 – каменноугольная система, аргиллиты, 8 – стратоизогипсы маркирующего горизонта (подошвы мела), 9 – маркирующий горизонт (подошва мела), 10 – линии проецирования, 11 область размыва маркирующего горизонта.

Рис. 4.3. Элементы залегания.



Для измерения ориентировки падения наклонной поверхности в геологии принято пользоваться двумя углами – **азимутом падения и углом падения**.

Азимут падения – угол, отсчитываемый по часовой стрелке от северного направления до проекции линии падения на горизонтальную плоскость (на рис., вектор BB_2). Азимут падения может меняться от 0° (северное направление) до 360° . Восточное направление имеет азимут 90° , южное - 180° , западное - 270° .

Угол падения - максимальный угол наклона поверхности (угол α). Он расположен в вертикальной плоскости. Горизонтальная плоскость имеет угол падения 0° , вертикальная - 90° , а наклонная может принимать любые значения в этом промежутке.

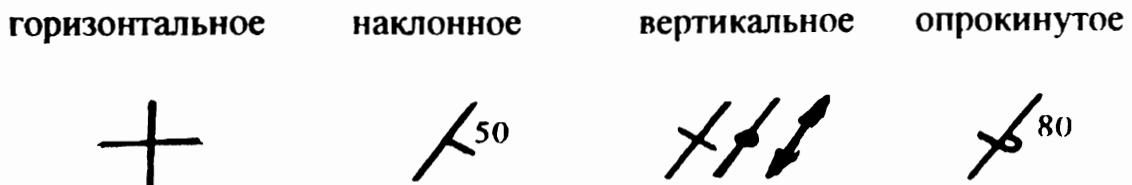
На геологических документах это принято записывать следующим образом: **Аз. пад. $60 \angle 20$** . Знак “ \angle ” в записи не ставится.

Кроме того, в геологии употребляется понятие «**простирание**» – любая горизонтальная линия на плоскости пласта. Простирание поверхности является линией ее пересечения с горизонтальной плоскостью, горизонталию. Поэтому она имеет одинаковые абсолютные отметки (рис. 4.3, линия AA_1). Направление, перпендикулярное простиранию (падение или восстание) называют направлением «**вкrest простирания**».

Азимут падения и простирания, а также угол падения называются **элементами залегания**. Причем азимут простирания легко вычислить, зная азимут падения. То есть необходимыми и достаточными элементами являются только азимут и угол падения.

На геологической карте элементы залегания показывают специальными значками. Размер длинного отрезка – 4 мм, указывает направление простирания, короткого отрезка – 2 мм, указывает направление падения. Точка пересечения отрезков указывает место замера. Угол падения указывается числом (рис. 4.4).

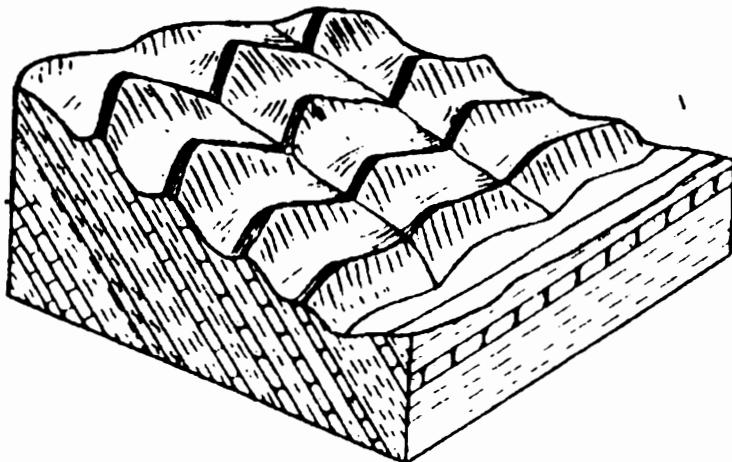
Рис. 4.4. Условные знаки элементов залегания.



4.4. Пластовые треугольники.

Пластовыми треугольниками называют изгибы геологической границы моноклинали по склонам пересекающих ее долин. Очертания границ напоминают пилообразную линию, с зубцами, направленными вкrest простирания (рис. 4.5).

Рис. 4.5. Пластовые треугольники.



Чем положе залегают слои, тем выразительнее пластовые треугольники, а чем круче – тем меньшего размера оказываются зубцы. В случае вертикального залегания слоев, понятие падения утрачивает смысл, пластовые треугольники на геологической карте или снимке превращаются в линию. В пластовых треугольниках всегда можно определить элементы залегания по трем высотным точкам.

ТЕМА 5

ТЕКТОНИЧЕСКИЕ НАРУШЕНИЯ, УСЛОВИЯ ИХ ОБРАЗОВАНИЯ И ВИДЫ.

Понятие деформации. Главные оси деформаций. Стадии развития деформаций при приложении сил. Плакативные и дизьюнктивные деформации. Деформации геологических тел. Будинаж. Компетентные и некомпетентные слои. Причины деформаций горных пород.

5.1. Понятие деформации.

Все структурные формы земной коры, кроме первичного залегания, образуются в результате остаточных деформаций. При деформации тела происходит изменение взаимного положения слагающих его частиц. При этом геологические тела меняют форму и объем – они сжимаются, вытягиваются, изгибаются или разламываются. Часто все это происходит одновременно.

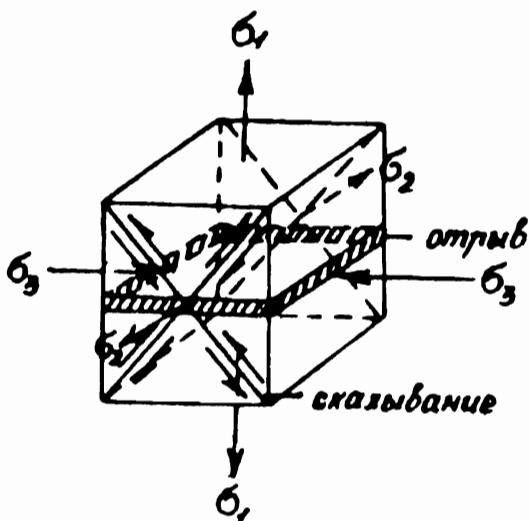
Деформация происходит в результате возникающих в любом теле, в том числе и в горной породе, напряжений – внутренних сил, уравновешивающих приложенные внешние силы (тектонические, гравитационные).

Деформация проявляется только в тех случаях, когда на тело действуют неравные или разнонаправленные силы, то есть тело подвергается стрессу. Если тело находится в обстановке всестороннего равномерного сжатия или растяжения, оно не меняет своей формы как геологическое тело, хотя в нем возникают объемные деформации, изучаемые в курсе геофизики. Значение для деформаций, изучаемых в структурной геологии, имеет исключительно векторная разность возникших в теле напряжений.

5.2. Главные оси деформаций.

При любых однородных деформациях тела существуют такие три взаимно перпендикулярных направления, вдоль которых происходит только деформация удлинения или укорочения. Если представить себе все напряжения, возникающие в однородном теле (объеме) в виде векторов, то в совокупности эти векторы образуют поверхность, характеризующую полное напряженное состояние данного объема. В зависимости от характера напряжений это может быть шар (характерно для условий однородных всесторонних напряжений, например, гидростатического давления), двух-, или трехосный эллипсоид. Взаимоперпендикулярные оси эллипсоида будут совпадать с направлениями, вдоль которых происходят только деформации удлинения укорочения. Эти направления называются **главными осями деформаций** или **осами главных нормальных напряжений**. Ось наибольшего сжатия принято обозначать символом σ_3 , ось наибольшего растяжения – символом σ_1 , а перпендикулярную им ось – символом σ_2 . (рис. 5.1.).

Рис. 5.1 Главные оси деформаций



Причем, как только к телу прикладываются внешние силы, в нем возникают взаимно перпендикулярные направления относительного сжатия, относительного растяжения, средних напряжений. То есть, при активном сжатии земной коры, перпендикулярно направлению наибольшего сжатия возникают направления наибольшего растяжения. Поэтому нельзя говорить просто о структурах сжатия или растяжения. Всегда следует указывать ориентировку в земной коре соответствующих осей напряжений при формировании структурных форм.

В любой плоскости эллипсоида деформаций, не совпадающей с одной из осей, напряжения распадаются на перпендикулярные к этой плоскости нормальные (σ) и тангенциальные (τ) напряжения. В плоскостях, вдоль которых действуют главные нормальные напряжения, тангенциальные равны 0. Наибольшими тангенциальные напряжения будут вдоль двух взаимно перпендикулярных площадок, расположенных под углом 45° к осям σ_1 и σ_3 .

Характер и ориентировка деформаций, возникающих в земной коре, в первую очередь, зависят от ориентировки осей возникающего эллипсоида напряжений.

5.3. Стадии развития деформаций при приложении сил

При слабых воздействиях на геологические тела в них возникает упругая деформация. Если напряжения длительные или более сильные, возникает пластическая деформация – необратимое смещение слагающих твердое тело частиц. Если напряжения возрастают еще сильнее, (превосходят предел прочности), тело разрушается – происходит разрыв между его частями. То есть пликативные и разрывные деформации взаимно связаны и являются проявлением единого процесса. Если сила ниже предела прочности, но приложена к телу в течение длительного времени, то оно также может испытать пластическую деформацию или деформацию разрыва. Такое свойство тел называется **ползучестью**. Ползучесть играет решающую роль в образовании складчатых деформаций горных пород.

Деформация, при которой тело меняет форму или объем, но не разрывается, называется **пликативной деформацией**

Синонимом слова «деформация» является термин «**дислокация**». Вместо термина «**пластическая**» в геологической литературе можно встретить термины «**пликативная**», «**связная**» или «**складчатая**».

Если деформация сопровождается разрушением (образованием трещин и перемещением разобщенных тел друг относительно друга), говорят о **разрывных или дистонктивных деформациях** (дислокациях).

Разрушение тел может происходить путем **отрыва** и путем **скальвания**.

При отрыве разрыв образуется перпендикулярно главной оси растяжения. При скальвании развиваются две взаимно перпендикулярные трещины, ориентированные под углом 45° к направлениям максимальных сжимающих и растягивающих усилий (в направлении осей главных тангенциальных напряжений). Линия пересечения этих разрывов совпадает с промежуточной осью главных нормальных напряжений σ_2 . (рис. 5.1).

Скалывание развивается в условиях, приближающихся к условиям пластических деформаций (его так и называют – пластическое разрушение), тогда как отрыв – в условиях хрупкого разрушения геологических тел.

5.4. Деформации геологических тел

Все сказанное в предыдущем параграфе применимо к однородным и изотропным телам при напряжениях, развивающихся в течение коротких промежутков времени, при низких всесторонних давлениях и температурах. Как деформируются горные породы при геологических процессах, зависит от сочетания многих факторов: однородности и изотропности пород, их пластичности, насыщенности флюидами, давления, температуры, длительности напряженного состояния, величины напряжений и скорости их нарастания.

В реальных геологических телах – неоднородных и анизотропных одновременно развиваются и упругие и пластичные, и разрывные деформации.

Неоднородность геологических тел приводит к тому, что границы отдельных частей геологического тела являются точками концентрации напряжений и зарождения разрывов. Анизотропность геологических тел приводит к искажению поля напряжений. Кроме того, в слоистых телах деформации часто реализуются проскальзыванием слоев друг относительно друга.

Огромная длительность геологического времени, повышенное всестороннее давление и температура в глубоких частях земных недр, наличие воды и другие факторы способствуют развитию пластических деформаций, а разрывные реализуются скальванием. В приповерхностных час-

тих земной коры преобладают разрывные деформации скальвания и разрыва.

5.5. Будинаж. Компетентные и некомпетентные слои.

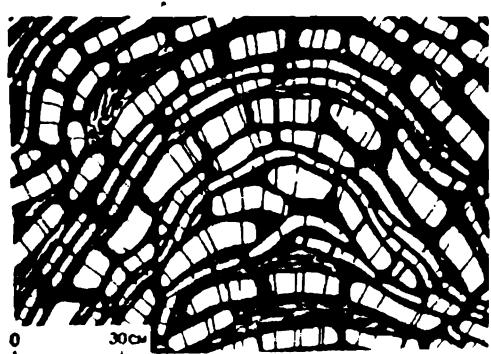
Изучение пликативных дислокаций на местности показало, что слагающие их породы могут деформироваться по-разному:

1. Изогнуться без заметного нарушения сплошности горных пород.
2. Разбиться на блоки. Каждый из блоков при этом разворачивается. В совокупности блоки образуют складку (рис. 5.2).

Рис. 5.2.

а) Зарисовка антиклинальной складки в Нэдицком ущелье в Альпах. По Грощоске, 1968 г

б) Синклинальная складка в известняках Кавказ. Фото В.Петрова.

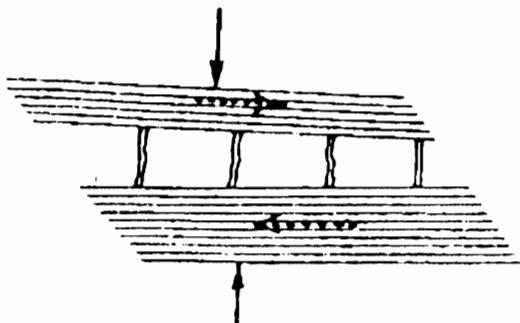
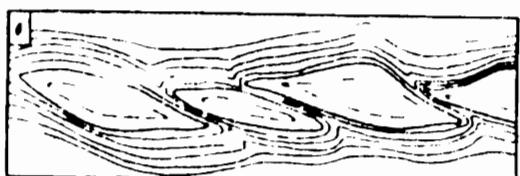
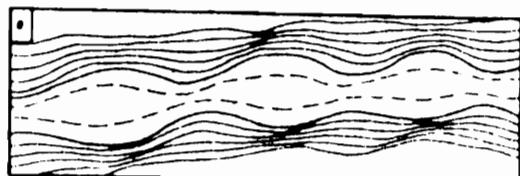


Если сравнительно хрупкие породы заключены между пластичными слоями, они сначала превращаются в линзы (происходит их *разлизование*), а затем - разделены на блоки и облекание пластичными более хрупких. Если различие в пластичности пород небольшое, разделение происходит по поверхностям максимальных касательных напряжений (рис. 5.3 а и б), в случае же значительной разницы, сравнительно хрупкие породы разделяются по поверхностям, перпендикулярным максимальным нормальным растяжениям (рис. 5.3 в, г). Такой процесс называется *будинаж*, а блоки жестких пород – *будины*.

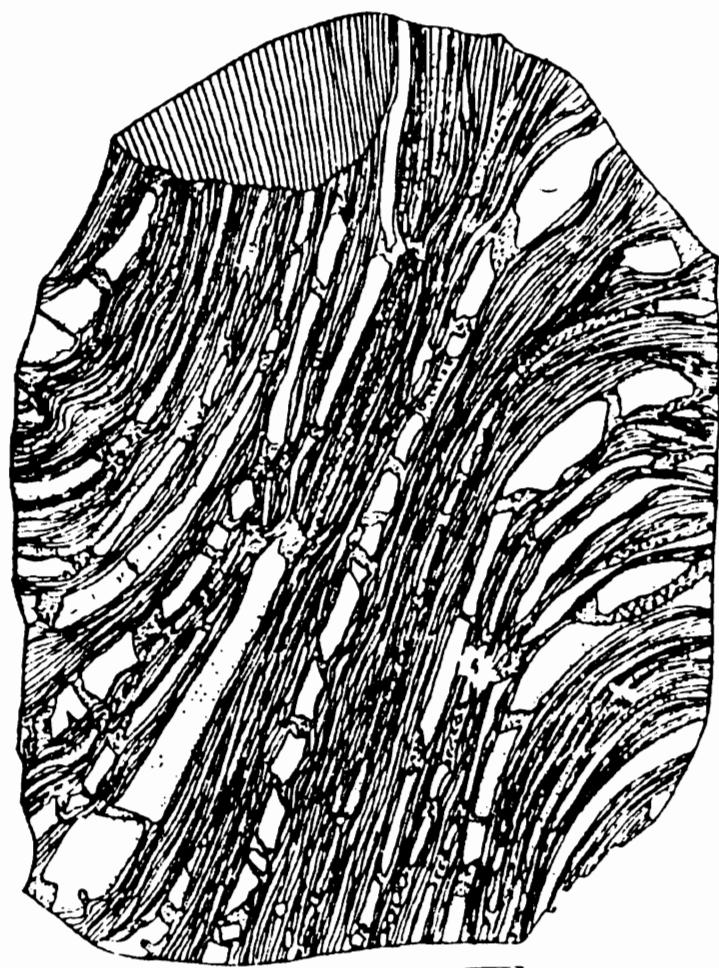
В пластичных породах при этом внутри крупной складки образуется своя мелкая *дисгармоничная* складчатость течения (волочения). Породы, менее пластичные в данной толще, деформирующиеся разрывами, называются *компетентными*, а пластичные, деформирующиеся пликативными нарушениями – *некомпетентными* породами.

Одни и те же горные породы, в зависимости от своего окружения могут выступать как компетентные или как некомпетентные. Например,

Рис. 5.3. Разлинзовование и будинаж



“



- а) разлинзовование слоя известняка среди глинистых сланцев (зарисовка)
- б) будинаж известняка среди глинистых сланцев; будины разделены трещинами скальвания (по В.В.Белоусову).
- в) образование трещин отрыва в слое относительно хрупких пород, заключенных между пластичными породами (по Г.Д.Ажгирею,
- г) будинаж в слоях роговика среди глинистых сланцев Кривой Рог (по Г.В.Тохтуеву)

известняк будет компетентным при переслаивании с глинами и некомпетентным при переслаивании с туфопесчаниками.

3 Разбиться на мельчайшие, почти незаметные пластины, скользящие друг относительно друга по системе параллельных трещин.

5.6. Причины деформаций горных пород.

В большинстве случаев нарушения (дислокации) первоначального залегания пород вызываются тектоническими движениями, поэтому их называют *тектоническими* нарушениями или просто нарушениями. Если же нарушения вызваны другими причинами, их называют по вызвавшим их процессам. Нарушения, образованные движениями масс ледника называются *гляциодислокации*, оползнями - *оползневые нарушения*, прогибами слоев над карстовыми пустотами - *провальные дислокации*. Иногда нарушения вызываются процессами, происходящими внутри самой породы при изменении её объема (при гидратации и дигидратации), неравномерном уплотнении осадка (при диагенезе) и т.д.

ТЕМА 6 ПЛИКАТИВНЫЕ ДИСЛОКАЦИИ

Виды пликативных дислокаций. Незамкнутые пликативные дислокации - флексуры: элементы и классификации флексур, геологические условия распространения и размеры флексур. Полузамкнутые структурные формы Складки – замкнутые структурные формы: элементы складок, морфологическая классификация складок, кинематическая классификация (механические условия образования складок), геологическая классификация (геологические условия образования складок). Значение пликативных дислокаций для нефтегазовой геологии.

6.1. Виды пликативных дислокаций.

У геологов-нефтяников принята следующая классификация пликативных дислокаций (табл. 6.1).

Таблица 6.1

Вид дислокации	Классификация пликативных дислокаций		
	Незамкнутые	Полузамкнутые	Замкнутые
Флексуры	Структурные носы и заливы, седла	Складки	
Значение для нефтегазовой геологии.	Не образуют самостоятельных ловушек	Могут образовывать незначительные ловушки.	Могут образовывать ловушки

6.2. Незамкнутые пликативные дислокации – флексуры.

6.2.1. Элементы и классификации флексур.

Флексуры – это структурные формы, образованные коленообразно изогнутыми в разрезе слоями. На рис. 6.1 показаны элементы флексуры, а в таблице 6.2 – классификации флексур по различным признакам.

Согласной называется флексура с однонаправленным падением верхнего, смыкающего и нижнего крыльев.

Несогласной называется флексура с разнонаправленным падением смыкающего крыла относительно верхнего, и нижнего крыльев.

Структурной террасой называется флексура с горизонтальным смыкающим крылом.

Горизонтальной называется флексура, у которой верхнее и нижнее крыло горизонтальны.

Вертикальной флексурой называется флексура с вертикальным смыкающим крылом.

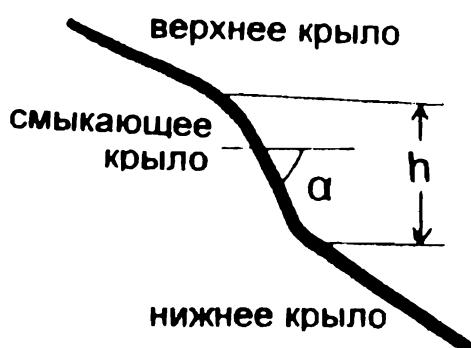


Рис 6.1 Элементы флексуры

h – высота (амплитуда), α – угол флексуры

Таблица 6.2

Классификации флексур

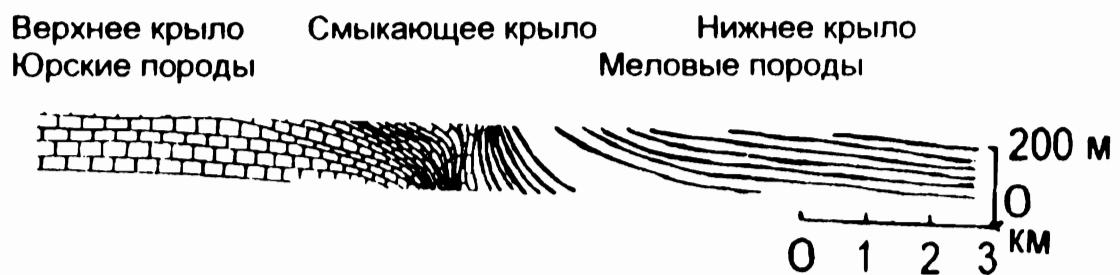
Классифицирующий признак	Виды флексур				
	Согласная	Несогласная	Структурная терраса	Горизонтальная	Вертикальная
Соотношение и ориентировка крыльев					
Соотношение времени осадконакопления и деформации	Конседиментационная осадконакопление и деформации одновременны			Постседиментационная деформация происходит после образования породы	

На разрезе, построенном по простиранию флексур, их невозможно отличить от горизонтально залегающих толщ.

6.2.2. Геологические условия распространения и размеры флексур.

Флексуры распространены, главным образом, в осадочном чехле платформ, особенно на их окраинах. Часто встречаются как осложнение моноклиналей или горизонтально залегающих слоев. По простиранию они распространяются на десятки километров, а вертикальная амплитуда их смыкающих крыльев составляет десятки и сотни метров (рис. 6.3)

Рис. 6.3. Разрез через флексуру в Свентокшиских горах (по Пожарскому)



Признаки, по которым можно различить постседиментационные и конседиментационные флексуры, приведены в таблице 6.2.

Таблица 6.2

Отличительные признаки флексур.

Признаки флексур	Конседиментационные	Постседиментационные
Мощность	Максимальные в опущенном крыле, минимальные - в смыкающем крыле	Не отличается
Фациальный состав	Тонкообломочные, глинистые и карбонатные породы в опущенном крыле. Грубообломочные и рифовые фации в смыкающем крыле, грубообломочные фации в поднятом крыле.	Не имеет различий
Полнота разреза	Наиболее полная в опущенном крыле, с перерывами в поднятом крыле	Однаковая

По простиранию флексуры либо выполняются и переходят в моноклиналь, либо переходят в разломы.

6.3. Полузамкнутые структурные формы

Структурный нос – локальный выступ на моноклинали или половинка антиклинали, «сидящая» на моноклинали. В топографическом рельефе аналогией структурного носа может служить уступ – трамплин на склоне.

Структурный залив - половинка синклиниали, «сидящая» на моноклинали. В топографическом рельефе аналогией структурного залива служит береговая линия залива водоема или овражек на склоне.

Седло (седловина) – структурная форма, похожая на конское седло для верховой езды или горный перевал. С двух сторон от него находятся вершины, а с двух других – пониженные участки.

6.4. Складки – замкнутые структурные формы.

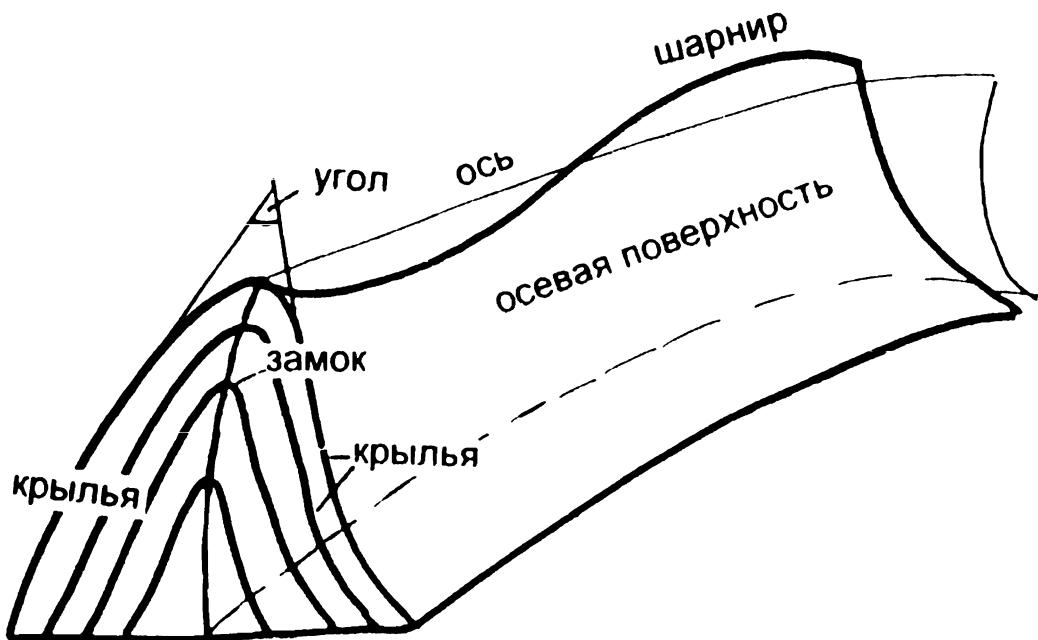
Складка – волнообразный изгиб в слоистой толще.

Складка не бесконечна и всегда где-то переходит в другую складку, или затухает (выполаживается) среди недислоцированных слоев.

6.4.1. Элементы складок.

Элементы складки приведены на рис. (рис. 6.5, 6.6 и 6.7).

Рис. 6.5. Складка и ее элементы



Замок, (если говорят о форме) **ядро** (если говорят о горной породе) – часть складки в месте перегиба. Ядро – понятие условное, выделяется как центральная часть срезанной эрозией складки на геологической карте.

Крылья боковые части складки, отходящие от перегиба, образующие моноклинали.

Угол складки – угол, образованный поверхностями на продолжении крыльев складки.

Осеневая поверхность – воображаемая поверхность, делящая пополам угол складки или поверхность, проходящая через замки складок в различных слоях слоистой толщи.

Ось – линия пересечения осевой поверхности с горизонтальной плоскостью или земной поверхностью.

Шарнир – линия пересечения осевой поверхности с кровлей или подошвой слоя, обрисовывающая складку в продольном разрезе. Изгибы шарнира называются его **ундуляциями**. Шарниров в складке можно провести столько, сколько в ней слоев. Положение шарнира в пространстве характеризуется азмутом и углом воздымания и погружения. Иногда под термином «шарнир» подразумевают ось складки, хотя это разные линии. У одной и той же складки ось может быть прямой, а шарнир – волнистый.

Рис. 6 6 Блок-диаграмма системы складок.



Гребень, свод – самая высокая часть складки

Киль, днище – самая низкая часть складки. В случае прямой складки замок совпадает с килем или гребнем складки.

Амплитуда – расстояние по перпендикуляру вкрест простириания складки между замками антиклинали и смежной синклинали. Другими словами кратчайшее расстояние между касательными, проведенными к замкам антиклинали и смежной синклинали. Амплитуда измеряется по одному слою (рис. 6 7). Для одиночной складки – разница абсолютных отметок между двумя – самой высокой и самой низкой замкнутыми стратоизогипсами.

Высота – расстояние по вертикали между замками антиклинали и смежной синклинали, или для одиночной складки – разница абсолютных отметок между самой высокой и самой низкой замкнутой стратоизогипсами. Иногда высотой складки называют ее амплитуду. В случае прямой складки (см. далее), высота и амплитуда совпадают (рис. 6.7).

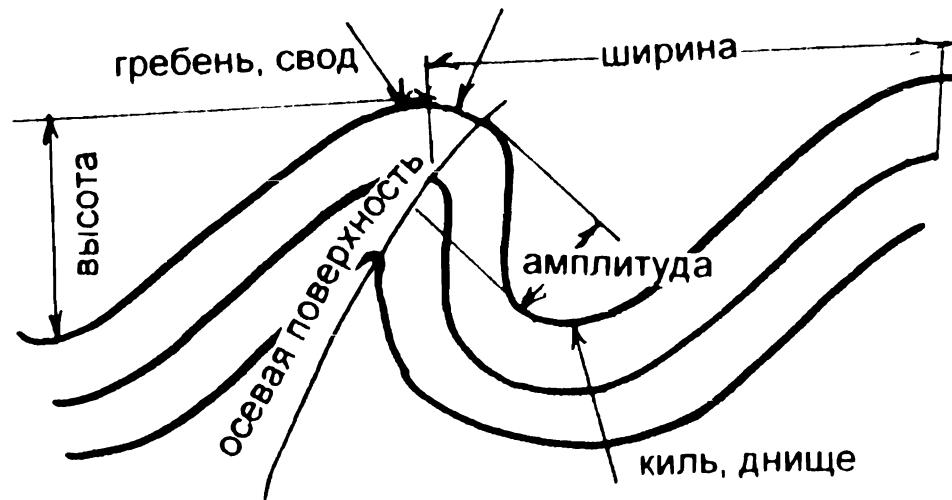
Ширина складки – кратчайшее расстояние между осевыми поверхностями соседних антиклинальных и синклинальных складок, или, в случае одиночных складок – кратчайшее расстояние по самой нижней замкнутой стратоизогипсе.

Длина складки - длина ее шарнира между одноименными перегибами или, в случае одиночных складок - наибольшее расстояние по самой нижней замкнутой стратоизогипсе.

Простирание - ориентировка длинной оси складки.

Замыкание складки - участок складки с наименьшим радиусом или часть складки, где слоигибают в плане ось складки. Замыкание называется пе-риклинальным у антиклинали и центриклинальным у синклинали

Рис. 6.7 разрез сопряженных антиклинальной и синклинальной складок



На геологических картах складчатое залегание пород определяется по следующим признакам:

- 1 Положение геологических границ не зависит от рельефа, поэтому границы разновозрастных пород пересекают горизонтали рельефа.
2. Породы лежат концентрически-симметрично (кругами или вытянутыми овалами). При этом в ядрах синклинальных складок (на плоском рельефе) выходят более молодые породы, которые окружаются более древними. Значками элементов залегания падение показывается к центру складки (ядру).
3. В антиклиналях более древние породы (при плоском рельефе) окружаются молодыми. Падение пород (по значкам элементов залегания) в стороны от ядра

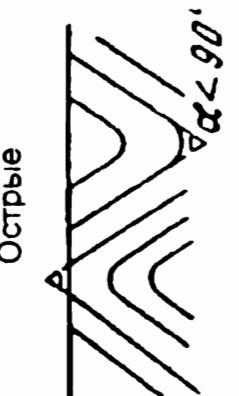
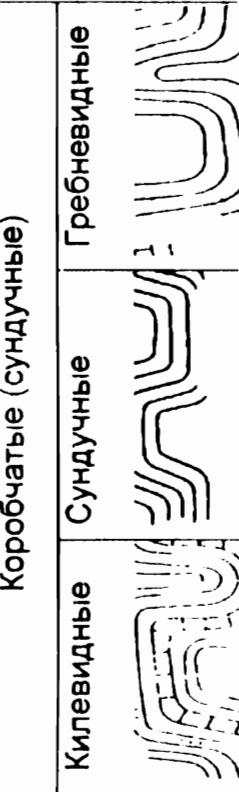
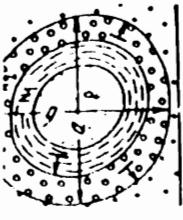
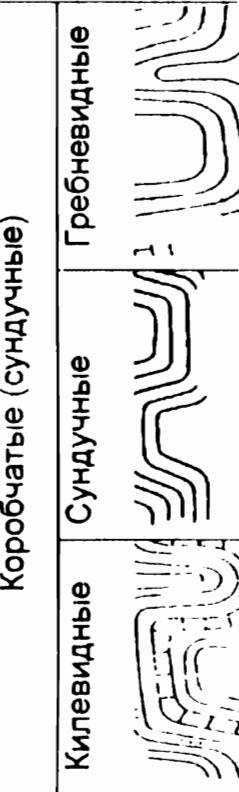
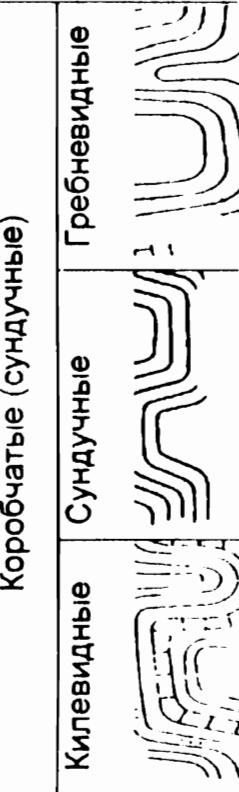
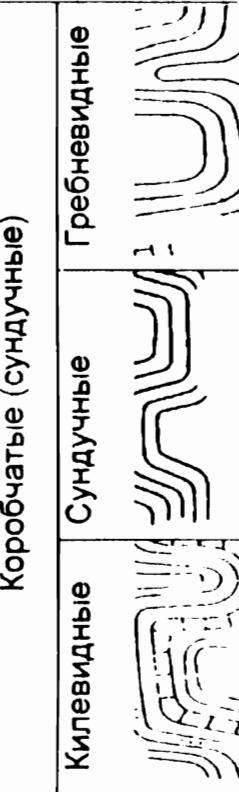
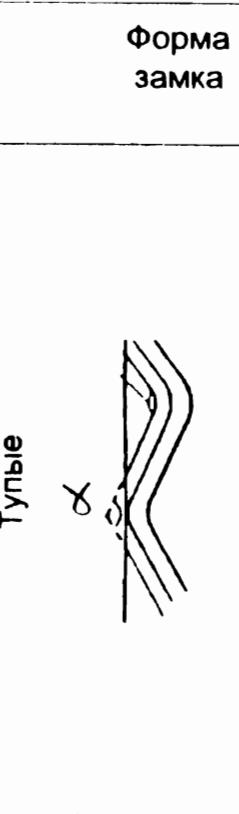
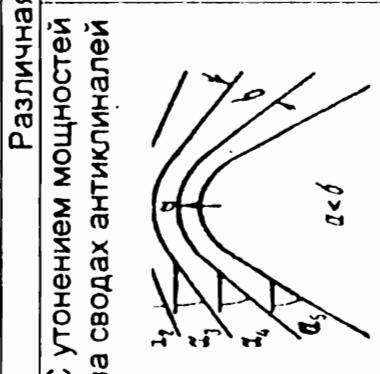
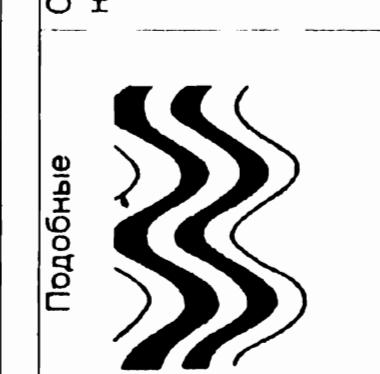
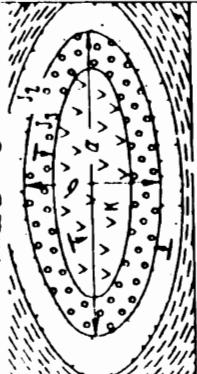
6.4.2. Морфологическая классификация складок.

Складки можно классифицировать по различным особенностям их формы. В результате получаются классификации по различным морфологическим признакам. В таблице 6.3 приведены наиболее употребительные морфологические классификации складок.

Таблица 6.3. Морфологические классификации складок (начало).

Виды складок		Классифицирующий признак	
Наклон осевой поверхности		Ориентировка выпуклости	
Симметричные (прямые)	Асимметричные	Ныряющие	Взаимоотношения между крыльями
Наклонные (крылья падают в разные стороны)	Опрокинутые крылья падают в одну сторону	Лежачие	Синклинали (вниз)
	Лежаче (вбок)		Веерообразные
	Антиклинали (вверх)		Изоклинальные
	Простые		

Таблица 6.3. Морфологические классификации складок (окончание).

Форма замка	Соотношение мощностей на сводах и крыльях	Очертания в плане
Острые 	Тупые 	
Килевидные 	Сундучные 	Гребневидные 
Однаковая Параллельные (концентрические) 	Различная Подобные С углопрещением мощностей на сводах антиклиналей 	С углопрещением мощностей на сводах синклиналей 
$\alpha < 90^\circ$	$\alpha > \delta$ $\alpha < \delta_1 < \delta_2 < \delta_3$	$\alpha > \delta$ $\alpha < \delta_1 < \delta_2 < \delta_3$
Линейные $a/b > 3$ 	Брахиморфные $1 \leq a/b \leq 3$ 	Изометричные $a/b = 1$ 

Рассмотренные складки называются *простыми*, состоящими из элементарных форм. Такие складки встречаются в том случае, если вся толща сложена примерно одинаковыми по жесткости породами.

Совокупность складок составляют складчатость какого-либо района. Складки, в которых изгибы пластов одинаковы, называются *гармоничными*. Они возникают при смятии однородных по пластическим свойствам пород. В противном случае возникает *дисгармоничная складчатость*. При этом более пластичные слои сминаются в складки сложной формы, с разными наклонами осевых плоскостей.

6.4.3. Кинематическая классификация (механические условия образования) складок.

В таблице 6.4 приведена кинематическая классификация складок

Таблица 6.4
Кинематическая классификация складок

Приложен- ные силы	Внутренние (перепад давлений)	Внешние		
		Вдоль слоев	Поперек слоев	Поперечного изгиба
Виды складок	Течения	Продольного изгиба		

Складки течения возникают при неравномерном перемещении вещества некомпетентных пород из областей относительно высоких давлений в области их низких значений. Другое название этих складок – складки **нагнетания**. В верхних зонах земной коры в условиях сравнительно невысоких температур и давлений течение свойственно только высокопластичным горным породам – солям, ангидритам, гипсам, насыщенным водой глинам, углем, известнякам. При однородных вязких свойствах отдельных слоев течение вещества происходит по всему массиву горных пород. Складки течения образуют совершенно неправильные структурные формы, отражающие турбулентность потока вещества, слагающего горные породы.

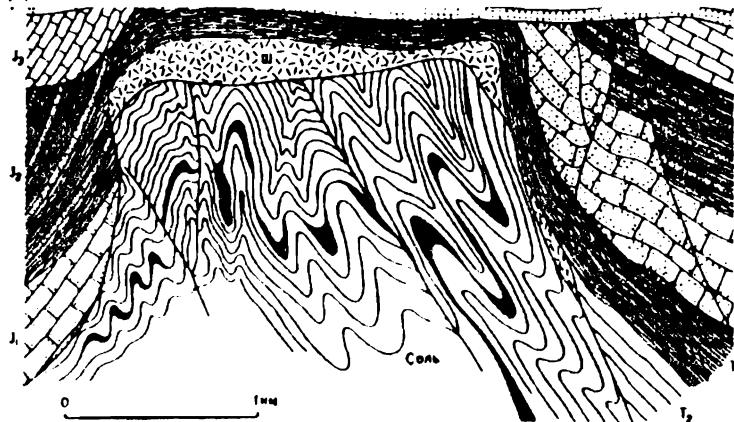


Рис. 6.9 Пример диапиро-вой антиклинали, образо-вавшейся в результа-те протыкания мезозойских слоев диапиром цехштейновых солей (разрез через соляной купол в районе Клодавы, Центральная Польша), по Самсоновичу

Пластичные глины и соли часто перекрываются более тяжелыми породами и оказываются в ситуации инверсии плотностей. В результате эти

породы стремятся всплыть, приподнимая и разрывая над собой вышележащие. В результате возникают складки называемые *диапировыми*, а процесс, приводящий к их формированию – *диапиризмом* (рис.6.9).

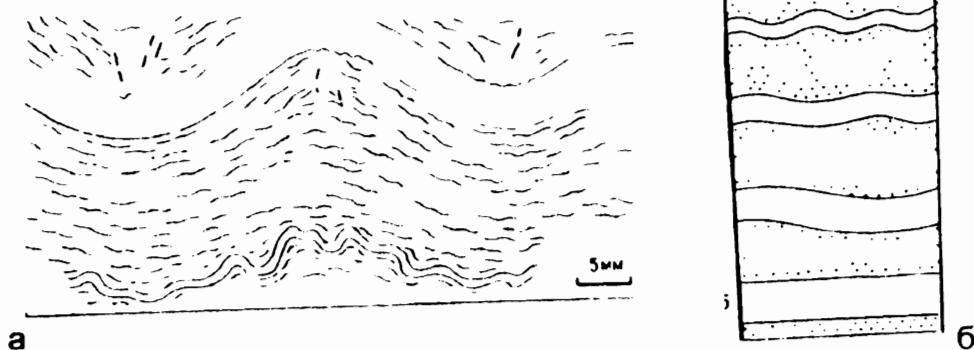
Кроме того, складки течения характерны для глубинной складчатости, о чем будет подробнее рассказано позже, при описании структурных форм метаморфических горных пород.

Продольный изгиб вызывается сжатием, действующим вдоль слоистости. При этом происходит перемещение вещества, направленное параллельно поверхностям наслойения. Складки продольного изгиба образуют симметричную линейную складчатость. Ось наибольшего сжатия ориентирована перпендикулярно длинным осям складок, ось наибольшего растяжения - по амплитуде, а промежуточная ось – параллельно длине складок.

Опыты по моделированию складок показали, что размеры складок продольного изгиба увеличиваются с увеличением мощности слоев и возрастанием вязкости пород (рис.6.10).

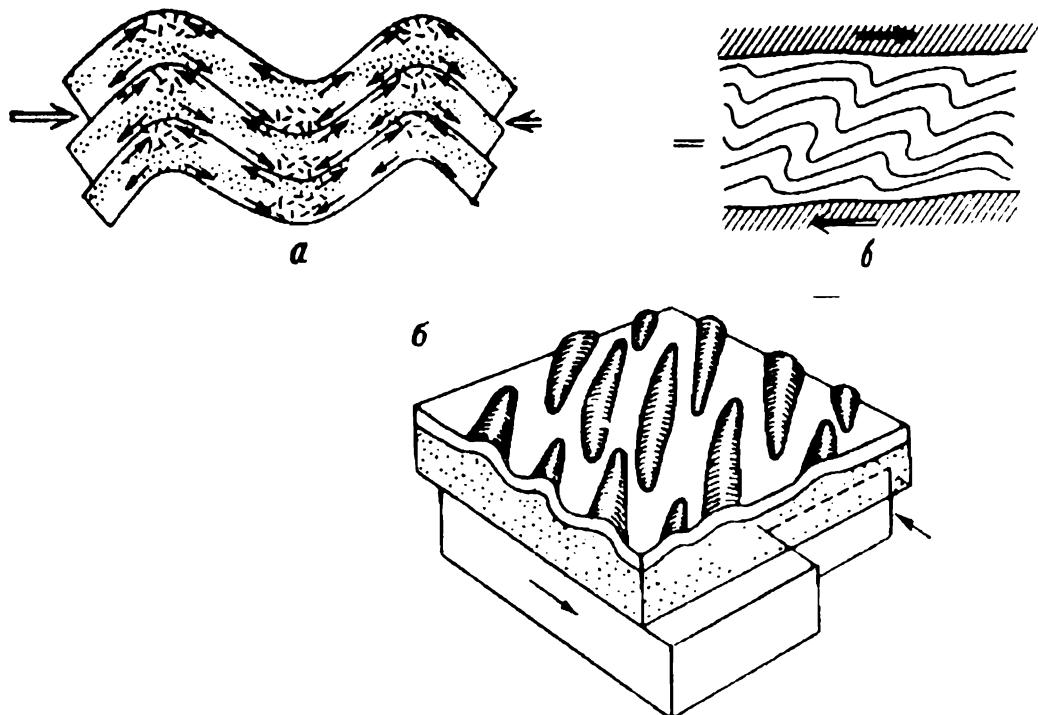
Складки продольного изгиба часто возникают над или рядом со сдвигом, под воздействием противоположно направленных сил. Обычно их оси наклонены в сторону действия активных сил (рис.6.11 б) и имеют в плане кулисообразное строение, подходя к поверхности сдвига под углом, близким к 45°(рис.6.11 в).

Рис. 6.10. Складки продольного изгиба.



а – Зависимость ширины складок продольного изгиба от мощности смятых пород (аргиллитовые прожилки в хлорит-актинолит-слюдистой массе (по Громину); б - Результат смятия путем продольного изгиба пачки слоев с разной вязкостью с возможностью однородного утолщения менее вязких слоев Укорочение всех слоев одинаковое (по Белоусову В В)

Рис. 11 Образование складок продольного изгиба.



Складки поперечного изгиба характеризуются приложением сжатия в направлении, перпендикулярном слоистости. Породы при этом испытывают большее или меньшее растяжение вдоль слоистости.

В складках поперечного изгиба ось наибольшего сжатия ориентирована обычно перпендикулярно слоистости, а ось наибольшего растяжения – вдоль слоев. В вытянутых овальных складках растяжение максимально в направлении вкрест простирации складки, а минимально – вдоль оси простирации складки. В изометрических куполах и мульдах сжатие в вертикальном направлении сопровождается растяжением по всем радиусам. Складки поперечного изгиба часто имеют сундучную и куполовидную форму. Они характерны для платформенных и смежных с ними областей.

6.4.4. Геологическая классификация складок (геологические условия образования складок).

Геологические обстановки, в которых происходит образование складок, весьма разнообразны. Как правило, различные типы складчатости соотносятся с определенными механическими условиями образования складок и соответствуют определенным формам. Основные типы складчатости представлены в таблице 6.6.

В геологической классификации в одной таблице сведены воедино складки, разнообразные как по происхождению, так и по размеру

Таблица 6.6.
Геологическая классификация типов складчатости

Эндогенная (тектоническая)		Экзогенная (нетектоническая)
Конседиментационная	Постседиментационная	Глубинная
1 Погружения	1. Регионального сдавливания = общего смятия. (продольного изгиба по механическим условиям образования). 2. Глыбовая = отраженная (перечного изгиба по механическим условиям образования). 3. Гравитационного скольжения	1 Подводнооползневая 2. Наземнооползневая 3. Диагенетическая 4 Разгрузки
	4 Приразрывная 2. Связанная с неравномерными вертикальными движениями	5. Обрушений 6. Гляциодислокаций 7 Структур облекания (см. первично негоризонтальное залегание слоеев)
	6 Диапировая	

6.5. Значение пликативных дислокаций для нефтегазовой геологии.

Значение изучения пликативных структур для нефтегазовой геологии невозможно переоценить. Особенно важную роль в ней играют антиклинальные складки. Более того, у нефтяников под термином «структура» подразумевается обычно антиклинальная складка. Еще пятьдесят лет тому назад в нефтяной геологии безраздельно господствовала, так называемая, антиклинальная теория, которая месторождения нефти и газа связывала, в основном, с антиклинальными складками.

И до сих пор, эти структурные формы являются главными объектами нефтегазопоисковых и разведочных работ.

Тем не менее, не все виды складок равнозначны для нахождения в них месторождений нефти и газа.

Другие пликативные дислокации имеют значительно меньшее значение. Сюда относятся структурные носы, которые иногда могут образовывать незначительные по размерам ловушки, и несогласные флексуры, если они осложнены разломами.

ТЕМА 7

ДИЗЬЮНКТИВНЫЕ ДИСЛОКАЦИИ (РАЗРЫВЫ).

Элементы разрывов. Классификации разрывов. Диаклазы: кливаж; трещины морфологическая классификация трещин, генетическая классификация трещин, планетарная трещиноватость. Парклазы: общая характеристика разломов, строение поверхности сместителя разломов, классификации разломов, ассоциации разломов. Тектонодинамическая характеристика разрывов. Значение разрывов в геологии

Когда напряжения в горной породе превышают предел прочности, она разрушается, в ней возникают **дизъюнктивные дислокации (разрывы)**

Разрывы делятся на две большие группы:

- без видимого смещения крыльев и с одной элементарной поверхностью сместителя. К ним относятся **кливаж и трещины** (диаклазы).
- с видимым смещением крыльев – **разломы** (парклазы).

Часто бывает трудно определить разницу между трещиной и разломом. Во многом это зависит от масштаба исследования и степени обобщения. Любой разлом, в том числе и глубинный, на определенном уровне обобщения по отношению к нарушающему объему тектоносферы, может рассматриваться, как трещина.

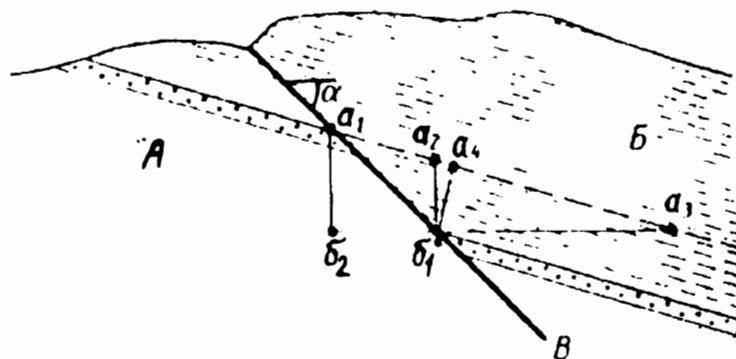
На геологических картах разрыв показывается красными или толстыми черными линиями (это отражено в легенде).

7.1. Элементы разрывов

Сместитель - поверхность, по которой перемещаются бока (блоки) разрыва. Он обладает элементами залегания и направлением (вектором) перемещения. Угол падения сместителя - α Величина перемещения называется его амплитудой. Выделяют амплитуду по сместителю (a_1 , b_1), вертикальную(a_1 , b_1), горизонтальную(b_1 , b_2),, стратиграфическую (a_4 b_1),, а также вертикальный (a_2 b_1),и горизонтальный (b_2 a_1),отходы. (рис. 7 1).

На геологической карте углы падения сместителя изображают специальным значком, обычно красного цвета. Если же такого значка нет, то элементы залегания поверхности сместителя можно определить по геологической карте по трем точкам.

Рис. 7 1 Элементы разрывов.



Крылья (бока, блоки) разрыва – разорванные и перемещенные части геологического тела. Выделяют *висячее* (под ним “висит” сместитель) и лежачее (на нем “лежит” сместитель) крылья.

Вертикальные сместители, рассекая рельеф, изображаются на геологической карте прямой линией, наклонные разрывы образуют пластовые треугольники. Пологие и горизонтальные сместители повторяют изгибы горизонталей рельефа.

Так же, как и складки, разрывы классифицируются по разным признакам.

7.2. Классификации разрывов

Классификации разрывов по различным классифицирующим признакам приведены в таблице 7 1.

7.3. Кливаж

Кливаж – частые параллельные поверхности скольжения, возникающие на последней стадии пластической деформации. Встречается кливаж в слабо метаморфизованных породах складчатых областей и геосинклиналей. По современным представлениям кливаж может иметь сложную природу. Он возникает в зоне катагенеза на глубинах 2 - 6 км в направлении, перпендикулярном сжимающим напряжениям. В его формировании играют роль частичное растворение и переориентация отдельных минералов в направлении, перпендикулярном сжатию вдоль

Таблица 7.1.

Классификации разрывов

Виды разрывов		Признак	
Без видимого смещения крыльев, с элементарной поверхностью смещителя (диаклазы)	С видимым смещением крыльев (параклазы)	Величина смещения крыльев	
Кливаж	Разломы		
Конседиментационные			
Отрыва			
Послойные	Продольные	Поперечные	Ориентировка поверхности смещителя по отношению к плоским оси и направлению скольжения
Пологие (0-30°)	Обратные	Круговые (30-80°)	По отношению к горизонту
Прямые			Направление перемещения по разрыву
Параллельные	Перистые	Радиальные	Чертания ассоциаций разрывов в плане

ослабленных зон. Следовательно, кливаж возникает в результате как тектонического фактора, так и кристаллизационной дифференциации.

Возникновение кливажа улучшает фильтрационные коллекторские свойства пород, что имеет большое значение при миграции нефти и газа.

7.4. Трешины

Трешины - элементарные разрывы с незначительным перемещением крыльев по сравнению с размерами трещин. Поверхность сместья трещин представляет собой элементарную плоскость.

Совокупность трещин называется **трещиноватостью**.

Трешины различного происхождения, облика и размера развиты в земной коре повсеместно. Обычно под термином "трещина" понимают дислокацию небольшого размера, соизмеримую с размерами наблюдателя. Однако, иногда при геологическом дешифрировании материалов аэро- и космических съемок выделяются трещины значительно больших размеров – длиной сотни метров и километры. Чтобы подчеркнуть их значительные размеры, употребляют термины **мегатрешины** и **макротрешины**.

7.4.1. Морфологические классификации трещин.

Морфологическая классификация трещин такая же, как у разрывов вообще. Кроме того, среди трещин по величине зияния выделяют следующие виды:

1. **скрытые**, у которых сместья непосредственно не заметен, а обнаруживается только при окрашивании породы или раскалывании ее молотком.
2. **закрытые** – трещины, сместья которых виден отчетливо, но зияния не наблюдается
3. **открытые** – трещины с отчетливо видимым зиянием, часто заполненным новообразованиями – кальцитом и кварцем.

Блоки, на которые трещины разбивают горную породу, называются отдельностями. Их форма определяется взаимным расположением трещин. В осадочных горных породах развиваются следующие виды отдельности: прямоугольная, кубическая, параллелепипедальная, призматическая, плитчатая, шаровая и глыбовая. В метаморфических горных породах – плитчатая, пластинчатая, ребристая, в лавах – призматическая, столбчатая и др.

Трешины, имеющие сходные элементы залегания, объединяются в **ряды трещин**.

Трешины, которые можно объединить по какому-либо признаку (простижение, происхождение, возраст и т.д.), называют **системой трещин**.

7.4.2. Генетическая классификация трещин.

По генезису выделяются первичные, тектонические и гипергенные трещины.

Первичные трещины образуются в кристаллизующемся расплаве или литифицирующейся осадке за счет сокращения их объема и возникновения всестороннего внутреннего сжатия (стяжения). Характерной особенностью таких трещин является то, что они обычно развиты в каждом слое отдельно. Первоначально они могут быть скрытыми, но если порода попадает в зону выветривания, трещины раскрываются и разделяют породу на хорошо выраженные блоки отдельностей.

Ориентировка первичных трещин закономерно связана с очертаниями бассейна осадконакопления, и, как указывают многочисленные исследователи, при достаточно большом числе замеров, преимущественными простирациями трещин являются трещины с азимутами 0° , 45° , 90° , 135° . Специфические первичные открытые трещины образуются в локальных объемах пород при диагенезе и катагенезе в результате неравномерного сокращения пород различного состава. Такая трещиноватость, в последующем, может играть значительную роль при первичной миграции флюидов из нефтегазогенерирующих пород.

Тектонические трещины образуются в результате приложения к породе тектонических (эндогенных) сил. Они обычно сравнительно хорошо выдержаны по простиранию и падению и ориентированы по единому плану в разных по составу породах. Наблюдаемая длина трещин может достигать нескольких десятков метров, но, как правило, колеблется от десятков сантиметров до первых метров. Среди тектонических трещин выделяют трещины ***отрыва*** и трещины ***скалывания***.

Трещины отрыва открытые, зерна, слагающие терригенную породу, при пересечении их трещиной отрыва иногда выпадают из породы, и поверхность сместителя становится неровной, с ямками. Трещины отрыва наблюдаются в осях линейных складок, на смыкающихся крыльях флексур. Они, как правило, выдержаны по простиранию и падению на десятки и сотни метров. По ним часто вырабатывается овражно-балочная сеть, долины временных и постоянных водотоков. В изометрических куполах трещины отрыва развиваются по радиусам и концентрически. В овальных поднятиях развиваются два направления трещин отрыва – более раннее, параллельное длинной оси поднятия, и позднее, параллельное короткой.

Трещины скальвания – часто закрытые. По их сместителю иногда можно заметить следы перемещения. Гальки и крупные зерна, попавшие на линию разрыва, срезаются. Трещины скальвания обычно хорошо выдержаны по простиранию и падению. Трещины отрыва, как уже говорилось, перпендикулярны оси наибольшего растяжения и параллельны оси сжатия, а две взаимно перпендикулярные трещины скальвания ориентированы под углами примерно в 45° к осям, при этом линия пересечения трещин совпадает с осью промежуточных значений главных нормальных на-

пряжений. Следовательно, изучив ориентировку трещиноватости, можно восстановить ориентировку полей напряжений, сформировавших данную сеть трещин. Сложность заключается в том, что в природных условиях очень трудно отличить трещину отрыва от трещины скола и выявить пару трещин скола, образовавшихся одновременно в одном поле напряжений. Существующие методики пока не совершенны и требуют дальнейшей разработки.

Гипергенные трещины – образуются в результате экзогенных процессов в приповерхностных частях горных пород. Эти трещины часто являются открытыми.

- ***трещины выветривания*** образуются из-за раскрытия и расширения ранее существовавших трещин первичного или тектонического происхождения. По мере удаления от дневной поверхности частота трещин и величина их раскрытия резко уменьшается. Обычно трещины выветривания распространены на глубину не более 10-15 м.
- ***трещины оползней, обвалов и провалов*** – встречаются в осевших блоках пород, на бортах оползней. Как правило, в верхней части оползня встречаются параллельные между собой трещины отрыва, а в нижней – как трещины отрыва, так и разнообразно ориентированные трещины скальвания, связанные со скучиванием оползающих масс.
- ***трещины расширения пород при разгрузке*** (трещины отслаивания, трещины бокового отпора, трещины отседания) – трещины отрыва, развивающиеся в горных породах вблизи горных выработок, глубоких ущелий, шахтах, параллельно поверхности. Эти трещины возникают потому, что горные породы, находятся под действием литостатического давления. Когда с одной стороны это давление исчезает, то породы начинают “выдавливаться” в эту сторону, образуя трещины. Сила, с которой блоки пород выдавливаются настолько велика, что они иногда “выстреливают” из стен шахт или “захватывают” буровой инструмент

Кроме того, выделяется еще много других разновидностей нетектонических трещин.

7.4.3. Планетарная трещиноватость

Термин “планетарная трещиноватость” широко применяется в геологии. Под этим понятием подразумеваются, в основном, два геологических объекта. Некоторые авторы под термином “планетарная трещиноватость” понимают систему разрывов, выделенную при мелкомасштабных исследованиях структур регионального (платформы, складчатые пояса) и планетарного (Земля в целом) рангов. Понятно, что при региональных и планетарных исследованиях, как трещиноватость выделяются разрывы разных размеров.

Другие, к планетарной трещиноватости относят трещины любых размеров, в основном перпендикулярные поверхностям наслаждения и ориентированные преимущественно в направлениях 0° , 45° , 90° , 135° . Счита-

ется, что такая ориентировка вызвана едиными для всей планеты причинами, например, изменениями скорости вращения Земли. Очень часто в разряд планетарной в этом случае попадают и первичные трещины.

7.5. Разломы

7.5.1. Общая характеристика разломов.

Разломы – дисъюнктивные нарушения с заметными смещениями геологических границ.

Формирование разлома, обычно, процесс многостадийный, происходящий в результате многократных подвижек крыльев.

Образование разлома проходит две стадии:

- Равномерное растрескивание породы. Ориентировка трещин ликтуется ориентировкой главных нормальных напряжений. В силу неоднородности породы некоторые трещины оказываются более длинными и чаще расположенными.
- Сгущение трещин и их слияние сначала на отдельных участках, разделенных зонами повышенной трещиноватости и дробления, а затем – формирование зоны непрерывных связанных между собой односторонних разрывов, формирующих сместьель магистрального разрыва. На этой стадии субпараллельные трещины сливаются как непосредственно, так и через короткие оперяющие их более мелкие трещины перпендикулярных направлений. Поэтому сместьель возникшего разрыва более крупного ранга представляет собой зону раздробленных пород.

Возникший разрыв оказывается зоной нарушенной сплошности пород, механически ослабленной зоной. Поэтому по разрывам часто развивается гидросеть, зоны карста, внедряются дайки. К разломам часто приурочены вулканы. По уже существующим разломам разгружаются последующие тектонические напряжения, даже если последующая ориентировка главных осей напряжений отличается от предшествующих направлений. Поэтому по древним разломам тектонические движения, обычно, бывают неоднократные и разнонаправленные. По разрывам часто поступают к поверхности глубинные воды, они часто становятся областями минерализации и образования зон полезных ископаемых.

Окончание разломов. Разломы могут:

- упираться в геологическую границу, в том числе, и в другой разлом,
- перейти в серию небольших разрывов и рассеяться в виде трещин,
- перейти в пликативную дислокацию.

7.5.2 Строение поверхности сместьеля разломов.

Геометрически сместьель можно рассматривать как поверхность, не имеющую толщины. Однако на самом деле поверхность сместьеля пред-

ставляет собой геологическое тело большей или меньшей мощности, часто со сложным строением. Оно бывает заполнено либо новообразованными минералами - кварцем, кальцитом, либо особыми горными породами, сложенными стресс-минералами, характерными для динамометаморфизма. Иногда между крыльями разрыва развивается брекчия трения, представляющая собой раздробленную и перетертую массу обломков пород. Когда обломки в брекчии трения малы, порода имеет следующие названия:

- менее 1 см – какирит,
- микроскопические размеры – катаклазит,
- пылевидные размеры – мILONИТ

Мощность брекчий трения непостоянна и достигает иногда десятков метров, но чаще не превышает несколько метров.

В брекчию трения часто проникают гидротермальные растворы, из которых отлагаются жильные и рудные минералы, брекчии нередко сильно обводнены.

Иногда крылья разрыва плотно прилегают друг к другу и становятся гладкими, будто отполированными. Такие поверхности называют **зеркала скольжения**. Иногда на зеркалах можно наблюдать многочисленные **штрихи и бороздки скольжения**, ориентированные по направлению движения крыльев.

7.5.3. Классификации разломов.

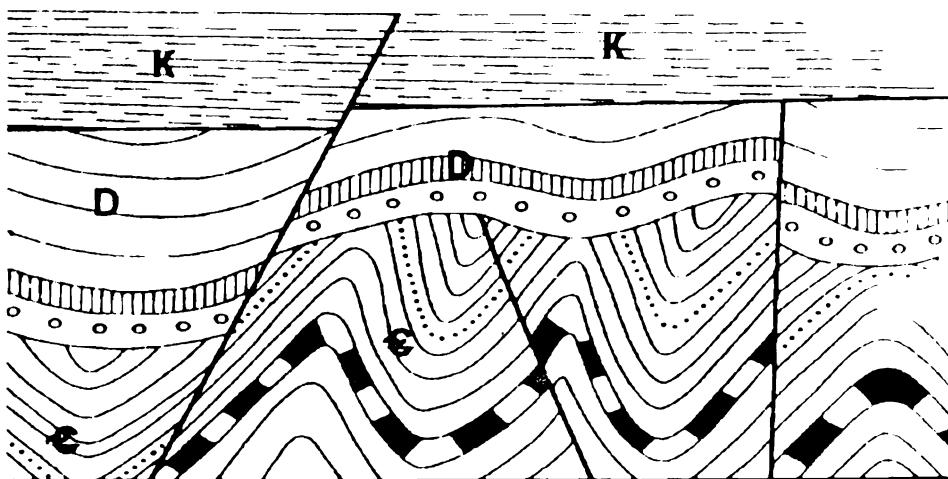
Разломы классифицируются так же, как и другие разрывы. Кроме того, их делят по:

- **Возрасту.** При характеристике возраста различают возраст заложения разломов и возраст их тектонической активизации. Если разлом активен в настоящее время, его называют “живым” разломом. Возраст активности разломов определяют по соотношению разломов и рассекаемых ими толщ.

Разрыв моложе самых молодых пород, им рассекаемых, и древнее самых древних, его перекрывающих. *Например, разлом последевонский, домеловой.* (рис. 7.2).

- **Глубине проникновения в земную кору** – мантийные и коровые разломы. Среди коровых на платформах выделяются разломы фундамента и осадочного чехла, при этом обычно оговаривают, какие именно толщи осадочного чехла разбиты разломом.
- **Размерам** – глобальные, континентальные, региональные, локальные, в зависимости от их роли в формировании структур того или иного ранга.
- **Значимости** - рудоконтролирующие, структуроконтролирующие, сейсмоопасные и другие разломы. Значимость того или иного разлома определяется, главным образом, задачами исследования.

Рис. 7.2. Определение возраста разрыва.



По совокупности последних трех параметров выделяются особые виды разломов, называемые **глубинными**.

Глубинные разломы, это дизъюнктивные нарушения планетарного масштаба, проникающие в мантию. *Ориентировке* под ориентировкой разлома обычно понимают простирание его сместителя.

Такие разломы представляют собой линейную зону концентрации более мелких разноориентированных разрывов, смятия пород в складки, повышенной сейсмичности. Развиваются разломы в течение длительного времени (периодов геохронологической шкалы), часто отдельными участками. Движения по ним в разное время могут быть разными. Глубинные разломы разделяют территории с разной историей развития.

- *Направлению перемещения крыльев по отношению к поверхности сместителя* выделяются *раздвиги, сбросы, взбросы* (в т.ч. *надвиги, покровы, шарьяжи*), *сдвиги* и комбинированные формы. Их классификации и основные характеристики приведены в табл. 7.2.

Среди взбросов особое место занимают *надвиги*. В определении этого понятия геологи пока не пришли к единому пониманию. Одни считают, что надвиги - это пологие (положе 30°) взбросы, другие, что это взбросы, образующиеся одновременно со складчатостью продольного изгиба. Надвиги часто связаны с сильно сжатыми наклонными или опрокинутыми складками. Они образуются либо в замках складок, либо на крыльях на границах между пластичными и хрупкими породами. (рис. 7.3). Часто трудно однозначно определить, что первично, а что вторично - или складки сформировались за счет трения крыльев разрыва, или, наоборот, надвиг образовался после смятия пород после продолжающейся деформации.

Таблица 7.2
Классификация разломов по направлению перемещения крыльев по поверхности смеcтителя

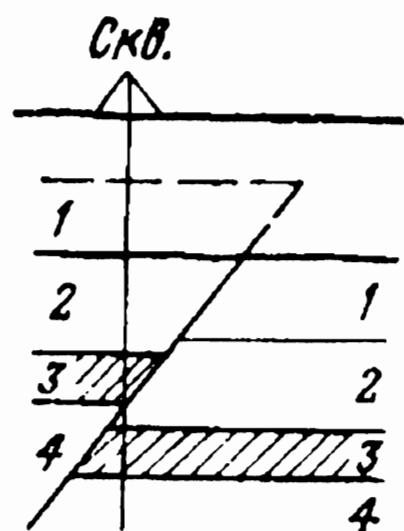
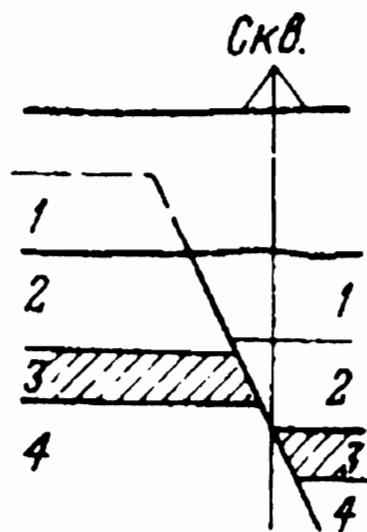
Направление перемещения крыльев	Перемещение перпендикулярно плоскости смеcтителя	Перемещение в плоскости смеcтителя		Направление перемещения по простирации смеcтителя
		Направление перемещения вкрест простирации смеcтителя	Сбросы	
Виды разломов	Раздвиги	(смеcтитель падает в сторону опущенного крыла, или вертикален)	(смеcтитель падает в сторону поднятого крыла).	Сдвиги
Характеристика разломов	Заполненные дайками, жилами, брекчированными породами поверхности смеcтителя.	Крылья разлома разобщаются, растаскиваются в разные стороны.	Крылья разлома перекрывают друг друга.	Правые сдвиги (блоки смещены относительно друг друга вправо) Все геологические границы, разобщенные сдвигом, смещаются в одну сторону на одну и ту же величину в горизонтальной плоскости.

В складчатых комплексах, опрокинутых в одну сторону, часто развиваются параллельные надвиги, придающие территории чешуйчатое строение. Крупный горизонтальный или пологий волнистый надвиг с перемещением пород на многие десятки километров называется *покровом*, (*шарьяжем*). Схематически строение покрова приведено на рис. 7.5

Рис. 7.2. Разрывы группы сбросов

а – сброс, разрез

б – взброс, разрез



в-сброс, карта антиклинали, осложненной сбросом

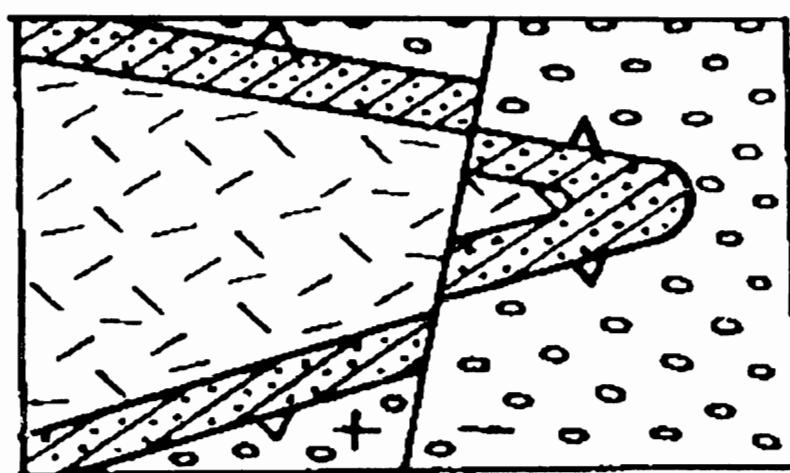
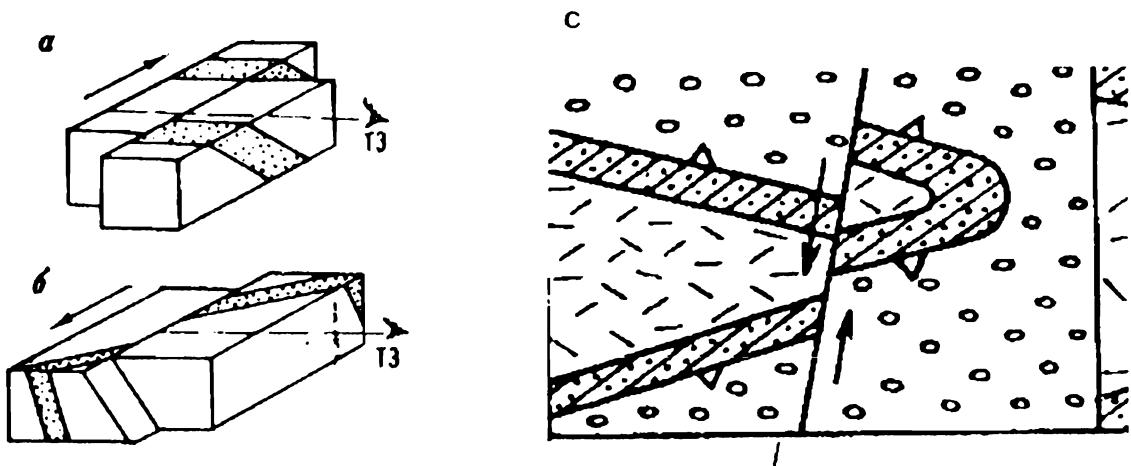


Рис. 7.3. Сдвиги



а - вертикальный поперечный правый, б - наклонный диагональный левый. Т3 – точка зрения. с – карта антиклинальной складки, осложненной левым сдвигом.

Благодаря покровам, на сравнительно небольшой территории могут располагаться рядом ранее удаленные друг от друга блоки земной коры с различной историей геологического развития. В этом случае выделяются различные структурно-фациальные (или структурно-геологические) зоны. Так как каждая зона имела свою собственную историю развития, на геологической карте может быть несколько стратиграфических колонок, каждая для своей зоны.

Для геолога-нефтяника покровы интересны тем, что в автохтоне могут встречаться залежи нефти, экранированные аллохтоном.

Рис. 7.4. Надвиг и тектонический покров (шарьяж) в разрезе.

Стрелки указывают на направление движения при образовании надвига (а) или шарьяжа (б). С₂ – вертикальная, С₃ – горизонтальная амплитуды надвига; 1 – аллохтон, 2 – автохтон, F – фронт, или лоб шарьяжа.

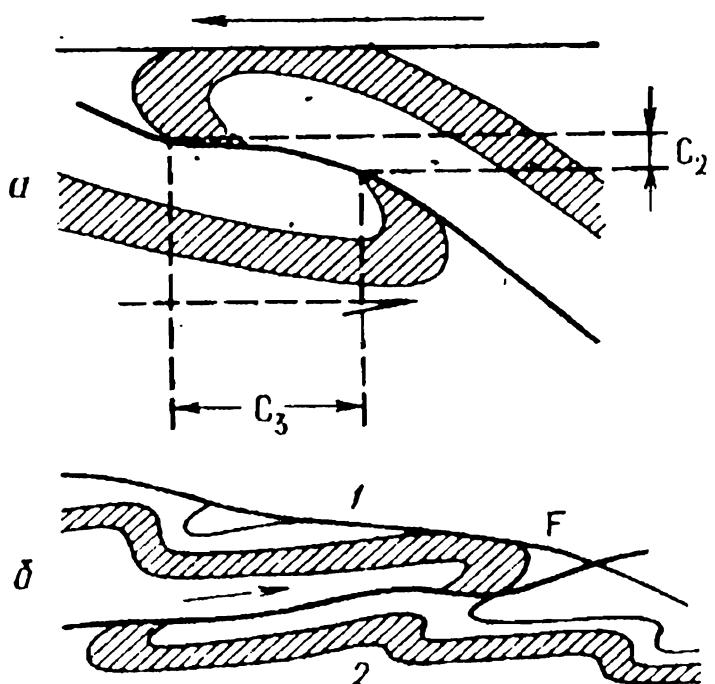
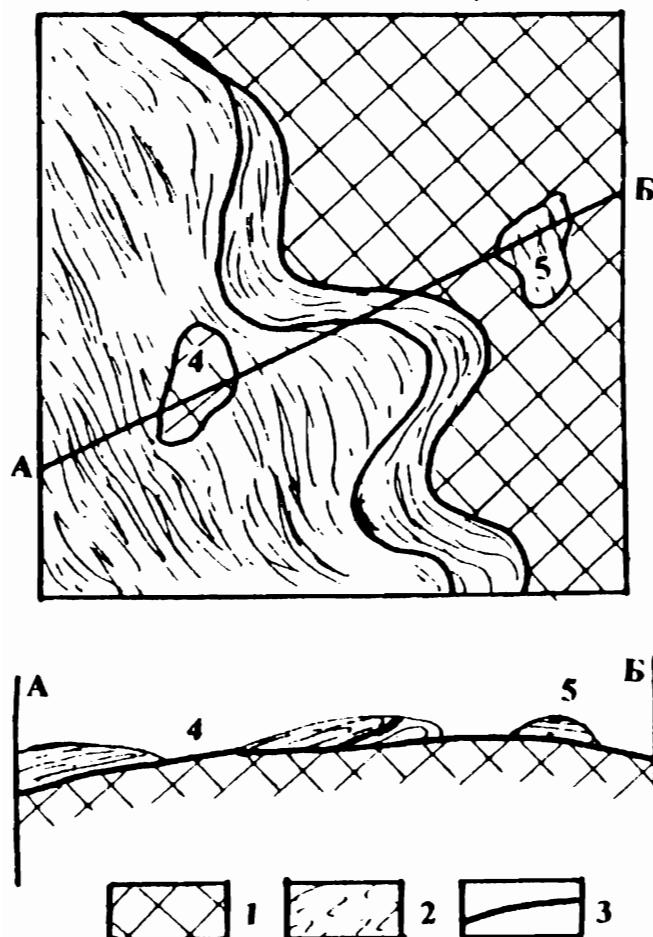
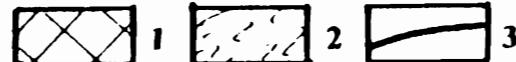


рис. 7.5. Строение покрова

**Условные обозначения**

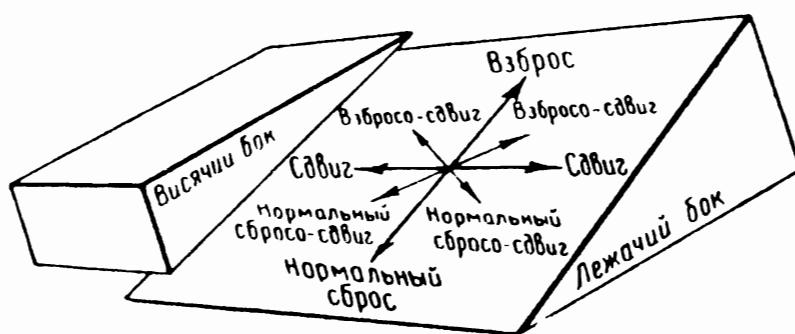
1 – автохтон, 2 – алохтон, 3 – сместитель покрова, 4 – тектоническое (эрэзионное) окно, 5 – экзогическая глыба (останец)

Сместитель покрова обычно сложен раздробленными породами, в нем хорошо выражены все признаки динамометаморфизма. В его ближайших окрестностях широко распространены небольшие оперяющие сдвиги. Во фронтальной части аллохтон часто распадается на серию надвинутых друг на друга по дополнительным параллельным надвигам пластин (дигитации), между которыми зажаты смятые в сложные дисгармоничные складки породы

***Сбросо-сдвиги и взбросо-сдвиги.***

Нередко перемещения по разрывам осуществляются не строго в направлении падения или простирации поверхности сместителя, а под углом к нему. Если направление перемещения отличается от направления падения или простирации поверхности сместителя, говорят о **сбросо-сдвигах** и **взбросо-сдвигах** (рис. 7.6).

рис. 7.6. Сбросо-сдвиги и взбросо-сдвиги.



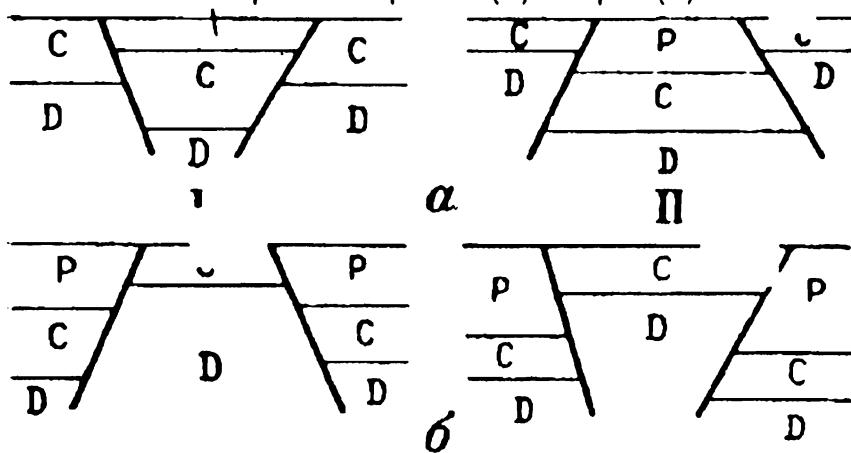
7.5.4. Ассоциации разломов

Нередко разломы развиваются группами, образующими сложные разрывные структуры.

Грабены – структуры, образованные параллельными сбросами или взбросами. Центральные части грабенов опущены и сложены на поверхности более молодыми породами, чем обнажающиеся в приподнятых краевых частях. Различают простые и сложные грабены, образованные большим количеством сбросов или взбросов. Грабены часто осложняют крылья крупных структур синклинальной формы. Тогда их называют *грабен-синклиналии*.

Горсты – линейные структуры, образованные примерно параллельными сбросами или взбросами. Центральные части горстов подняты и сложены на поверхности более древними породами, чем обнажающиеся в опущенных краевых частях. Различают простые и сложные горсты, образованные большим количеством сбросов или взбросов. Горсты часто осложняют крылья крупных структур антиклинальной формы. тогда их называют *горст-антиклиналями* (Рис. 7.7).

рис. 8.7 грабен (а) и горст (б)



Листрические сбросы – это серия параллельных сбросов с примерно одинаковым падением сместителя. С глубиной они обычно выполняются и иногда сливаются в единый горизонтальный разлом.

7.6. Тектонодинамическая характеристика разрывов.

Разрывы с перемещением крыльев вдоль плоскости сместителя (сдвиги, сбросы, взбросы, надвиги) по генезису являются, как правило, сколами. Направление перемещения крыльев по сколам а, следовательно, название разрывов зависит от ориентировки в земной коре главных осей тектонических напряжений, определивших их формирование. Так, сбросы

возникают при горизонтальном растяжении земной коры, а ось наибольшего сжатия при этом ориентирована вертикально. При таком же расположении осей формируются и раздвиги. Взбросы же образуются при горизонтальном сжатии земной коры и относительном вертикальном растяжении. Сдвиги возникают при горизонтальной ориентировке осей сжатия и растяжения. Надвиги формируются при косом (диагональном) положении осей главных нормальных напряжений к земной поверхности (горизонтальной плоскости). При таких же ориентировках образуются взбросо-сдвиги и сбросо-сдвиги.

Так как ориентировка и вид структурных форм во многом определяется ориентировкой главных осей напряжений, то анализируя структурные формы, можно восстановить ориентировку главных осей напряжений, их сформировавших, а зная ее – предсказывать кинематику тех разломов и складок, характеристика которых по тем или иным причинам не установлена полевыми наблюдениями.

7.7. Значение разрывов в геологии

Трещины и разломы имеют большое значение в прикладной геологии. Совокупность трещин, называемая “трещиноватостью”, определяет проницаемость горных пород для флюидов, в том числе нефти и газа. Поэтому с ними связаны месторождения руд гидротермального и метасоматического генезиса (цветные металлы, оптическое и ювелирное сырье и др.). Разломы могут, в зависимости от условий, быть экранами для образования залежей, а могут разрушать ранее сформировавшиеся залежи.

От трещиноватости в большой степени зависят инженерно-физические свойства горных пород. Разрывы являются путями поступления в земную кору глубинных рудоносных растворов.

ТЕМА 8. СТРУКТУРНЫЕ ФОРМЫ МАГМАТИЧЕСКИХ И МЕТАМОРФИЧЕСКИХ ГОРНЫХ ПОРОД

Формы залегания эфузивных горных пород. Формы залегания интрузивных горных пород: согласных интрузий, несогласных интрузий, магматических тел промежуточного характера. Структурные формы метаморфических горных пород: пород регионального метаморфизма, пород динамометаморфизма, термального метаморфизма

Магматические горные породы делятся на эфузивные и интрузивные. Как те, так и другие, имеют свои собственные, характерные только для них формы залегания.

8.1.Формы залегания эфузивных горных пород

Эфузивные горные породы образуются при излиянии на поверхность и застывании лав – жидкых продуктов вулканической деятельности.

Лавы образуют в большинстве случаев *покровы* и *потоки*, имеющие форму пластов, языков, рукавов, которые по мере удаления от очагов излияния уменьшаются по толщине и выклиниваются.

При центральном типе наземного вулканизма лавы накапливаются вблизи вулканических аппаратов. Это приводит к образованию вокруг кратера вулкана высоких вулканических *конусов* с крутыми склонами. При извержениях очень вязкой кислой лавы образуются вулканические *купола* – массы лавы поднявшиеся из жерла вулкана в виде купола и уже неспособные к дальнейшему течению.

Эфузивные горные породы изображаются на геологических картах и разрезах так же, как и осадочные породы, в соответствии с их возрастом, составом и отражаются на стратиграфической колонке. Состав вулканогенных пород наносится на карту черным крапом.

Формы залегания эфузивно-осадочных горных пород (туфов) точно такие же, как и у терригенных.

8.2.Формы залегания интрузивных горных пород

По условиям залегания среди интрузивных пород выделяются абиссальные (глубинные) и гипабиссальные (приповерхностные, застывшее на глубине 1.5-2 км) интрузии. То есть, все интрузивные тела образовались из застывшей магмы в глубине земной коры и первоначально на поверхность земли не выходили. Только благодаря последующей эрозии и денудации, уничтожившей все вышележащие породы, интрузивные породы обнажаются на поверхности. По соотношению с вмещающими породами выделяются согласные и несогласные (секущие) интрузии. Отдельно выделяются батолиты – природа и строение которых еще во многом загадочны.

8.2.1.Согласные интрузии

Главные типы согласных интрузий – это силлы, лакколиты, факолиты, лополиты.

Силлы – плитообразные тела, залегающие параллельно напластованию вмещающих пород. Толщина силлов колеблется от нескольких сантиметров до сотен метров, а площадь распространения достигает десятков тысяч квадратных километров. Чаще всего встречаются силлы, сложенные основными породами. Встречаются в осадочном чехле платформ.

Лакколиты – небольшие грибообразные или караваеобразные (не более 5 км в поперечнике) тела. Верхние перекрывающие лакколит слои, как правило, изогнуты в виде антиклинальных складок в соответствии с контуром лакколита. Сложены они, обычно, кислыми и средними породами. Лакколиты обычно застывают на небольшой глубине (500 - 3000 м) по-

этому часто вскрыты эрозией и образуют одиночные горы. *Пример – лакколиты района Кавказских минеральных вод.* Встречаются в осадочном чехле платформ вблизи складчатых областей.

Лополиты – чашебразные тела от нескольких километров до сотен километров в поперечнике. Типичная форма залегания основных, ультраосновных и щелочных интрузивных пород. *Пример – Бушвельдский лополит.* Встречаются в осадочном чехле платформ, часто в днище синклиналей.

Факолиты – интрузии серповидной или чечевицеобразной формы небольшого размера, внедренные в области пониженного давления между слоями в ядрах складок в складчатости продольного изгиба. Встречаются в складчатых областях, часто в сводах антиклиналей.

9.2.2. Несогласные интрузии

Штоки – несогласно залегающие интрузивные тела в форме столба с площадью выхода на поверхность менее 100 км^2 . Обычно штоки имеют кислый или средний состав и встречаются в складчатых областях.

Дайки – тела, ограниченные параллельными стенками, образованные при заполнении магмой вертикальных или наклонных трещин отрыва в земной коре. Мощность даек колеблется от сантиметров до сотен метров, длина – от нескольких метров до сотен километров. Встречаются в складчатых областях.

Жилы – извилистые плитообразные тела неправильной формы с менее ровными ограничениями, чем дайки. Состав жил разнообразен, чаще всего это продукты выделения из растворов газовых эманаций (кварцевые, кальцитовые, рудные жилы). Встречаются в различных геологических условиях. Понятие жилы более широкое, чем дайка. Мощность жил – от сантиметров до первых десятков метров.

Батолиты – гигантские массивы гранитных пород, достигающие тысяч квадратных километров в поперечнике, внедренные в земную кору. Очертания батолитов в плане обычно представляют собой неправильные овалы, длинная ось которых соответствует простиранию складчатых комплексов. Загадкой до сих пор остается исчезновение того осадочного вещества, в которое внедрилась гранитная магма. Некоторые считают, что батолиты проплавляют это вещество и ассимилируют его, другие полагают, что батолиты образуются в результате метасоматического замещения осадочных пород. Окончательно этот вопрос до сих пор не решен. Встречаются в складчатых областях. Очень часто батолиты имеют ответвления в виде штоков.

9.2.3. Магматические тела промежуточного характера

Апофизы и языки – мелкие инъекции магмы в виде слепо заканчивающихся от основных магматических тел ответвлений неправильной формы.

Некки – вскрытые эрозией жерла вулканов. В плане некки обычно имеют округлую форму, размеры их колеблются от нескольких десятков метров до 1,5 км в поперечнике. Боковые стенки их почти вертикальны. На местности они обычно выглядят как столбы различной высоты и толщины, сложенные магматическими или пирокластическими породами среди полей менее прочных образований.

Трубки взрыва – гигантские специфические вулканические жерла, заполненные эфузивами ультраосновного состава. Они часто включают алмазы и другие минералы, образованные при высоком давлении – гранаты, стишовит, коэсцит и др. Большое количество трубок взрыва встречается среди трапповых плато в Якутии, в Африке, Индии и др.

Относительный возраст интрузий определяется по соотношению с возрастом вмещающих пород.

Интрузия моложе самых молодых пород, которые она прорывает, и древнее самых древних, которые ее перекрывают

Абсолютный возраст интрузий определяется радиоактивными методами (обычно калий-аргоновым и свинцовым).

8.3. Структурные формы метаморфических горных пород

Метаморфические породы обычно имеют формы тех пород, из которых они образовались. Однако, в отдельных случаях, выделяются специфические формы для пород различного метаморфизма.

8.3.1. Структурные формы пород регионального метаморфизма

Глубинная складчатость образуется в условиях высоких температур и давлений на глубинах порядка 10 км. В этих условиях практически все породы приобретают пластичность, массы пород деформируются как единое целое и образуют дисгармоничные складки течения. При формировании глубинных складок характерны повторные деформирующие усилия, ориентированные по различным направлениям. Поэтому такие складки имеют сложную фестончатую форму, извилистую форму осей

При глубинной складчатости одновременно со смятием пород происходит их перекристаллизация и метаморфизм, часто развивается кливаж.

Одной из характерных форм глубинной складчатости являются **гранитно - гнейсовые купола и валы**, картируемые в фундаменте древних платформ. Они представляют собой крупные (десятки и сотни километров в поперечнике) пологие поднятия, образованные этими породами. Межкупольные пространства заполнены смятыми в мелкие складки метаморфическими сланцами разной степени метаморфизма. Образование куполов обусловлено инверсией плотностей (аналогично образованию соляных диапиров), так как граниты и гнейсы легче вмещающих их метаморфич-

ских пород. Гранито-гнейсовые купола и валы имеют большое значение для нефтегазовой геологии, так как над ними в осадочном чехле часто образуются купола и валы, которые служат ловушками для нефти и газа.

8.3.2. Структурные формы пород динамометаморфизма

Породы динамометаморфизма образуют структурные формы, соответствующие сместителю горных пород. Очень часто это плотно прилегающие друг к другу тела линзообразной формы с длинными осями, в общем, параллельными сместителю.

8.3.3. Структурные формы пород термометаморфизма

Породы термометаморфизма образуют вокруг интрузивного тела ореолы большей или меньшей мощности. Форма и размер этих пород зависят от формы и размеров вызвавшего метаморфизм тела, устойчивостью к термальному воздействию вмещающих пород и степенью их неоднородности. Характерной особенностью пород термального метаморфизма является расплывчатость их внешнего контакта.

ТЕМА 9

КОНТИНЕНТАЛЬНЫЕ (НОВЕЙШИЕ) СТРУКТУРЫ, И МЕТОДЫ ИХ ИЗУЧЕНИЯ.

Особенности континентальных структур. Рельеф и интенсивность вертикальных тектонических движений. Ярусы рельефа. Методики выявления морфоструктур

9.1 Особенности континентальных структур.

Все рассмотренные выше структурные формы, отражают деформации горных пород, образование которых связано с прогибаниями земной коры. При длительных вздымаиях земной коры возникает континентальный режим (суша). Отложения осадочных горных пород в таких условиях либо маломощны и фрагментарны, либо не образуются вообще. Поэтому для выявления структур континентального этапа развития изучаются особенности рельефа. Наука, изучающая рельеф как геологическое тело, называется *геоморфологией*. А структурно-геоморфологические исследования являются основными при изучении структур суши. Выраженные в рельефе структуры называются *морфоструктурами*.

Главные черты структуры современных морских бассейнов и континентов сформированы в результате последнего этапа тектономагматической активизации, который называется *новейшим*. Его начало датируется эоценом-олигоценом. Новейшие структуры, как самые молодые, занимают доминирующее положение в рельефе, изучаются геоморфологическими методами, структура континентов часто определяется как новейшая, хотя большинство современных континентов возникло гораздо

раньше палеогенового периода, а щиты представляют собой сушу в течение всего геологического времени.

Так как при континентальном развитии верхняя часть земной коры находится в консолидированном, относительно хрупком состоянии, доминирующей здесь является разрывная тектоника и **блоково-глыбовый** характер морфоструктур. Ограниченные разломами блоки испытывают вертикальные и горизонтальные перемещения. В совокупности блоки могут формировать сводовые поднятия и полого-вогнутые впадины (так же, как формируются из отдельных кирпичиков-будин описанные выше складки). Такие поверхностные сводово-блоковые структуры в поперечнике достигают десятков и сотен километров.

9.2. Рельеф и интенсивность вертикальных тектонических движений.

Рельеф Земли формируется в результате взаимодействия эндогенных и экзогенных сил, при ведущей роли вертикальных эндогенных. Поэтому характер рельефа позволяет судить об интенсивности и направленности движений земной коры.

Отражение в рельфе соотношений экзогенных и эндогенных процессов представлены в таблице 9.1

Уже по типу рельефа в общем можно судить о направленности нового тектонического развития территории.

9.3. Ярусы рельефа.

Исходное формирование рельефа, каким бы сложным он не был, начинается с выровненной поверхности - пенеплена или дна регрессировавшего морского бассейна. Фрагменты этой поверхности образуют самые возвышенные участки междуречий любой территории и по их положению можно судить о суммарных деформациях земной коры в континентальный этап развития.

Напомним, что вертикальные тектонические движения носят периодический характер, при котором происходит либо смена знаков движения, либо односторонние движения идут с увеличивающейся и уменьшающейся скоростью. При ведущей роли опускания, это выражается в чередовании глубоководных и мелководных осадков в морских бассейнах. При ведущих поднятиях смена знака или скорости движения приводит к формированию ступеней или ярусов рельефа на междуречьях и террас в речных долинах.

Таблица 9 |

Типы рельефа и суммарные соотношения
интенсивности экзогенных и эндогенных процессов

Тип рельефа	Соотношение экзогенных и эндогенных процессов	Характеристика рельефа
Эрозионный горный	Скорость эндогенных поднятий значительно выше интенсивности экзогенных сил	Интенсивное эрозионное расчленение. Высокогорный рельеф с глубокорезанными спрямлёнными крутосклонными речными долинами, узкими вытянутыми междуречьями (водоразделами). Если существовавшая до воздыманий поверхность (исходная) сложена горизонтально лежащими устойчивыми к разрушению породами (известняки, плотные песчаники, эфузивные породы) может сформироваться рельеф высокогорных плато: узкие глубоко врезанные долины разделяются широкими ровными междуречными поверхностями. В частном случае, если горы покрывались ледниками, формируется эрозионно-ледниковый или альпийский (как в Альпах) рельеф.
Денудационно-эрэзионный.	Умеренно интенсивные воздымания, ненамного превосходящие интенсивность экзогенных процессов	Преобладает боковая эрозия, сглаживание склонов, горизонтальное расчленение земной коры, денудация. Формируется холмистый, низкогорный рельеф с выработанными зрелыми долинами (ширина долины больше глубины), сравнительно широкими волнистыми, междуречьями. Переходы междуречий в долины постепенные.
Денудационные равнины	Интенсивность экзогенных процессов равна или несколько выше восходящих вертикальных движений	Формируются сглаженные волнистые денудационные равнины. Если в пределах такой равнины имеются относительные впадины, которые компенсированно заполнены осадками, то образуется единая выровненная денудационно-аккумулятивная поверхность, называемая пенепленом
Аккумулятивная равнина	Суммарные опускания, со скоростью меньшей, чем осадконакопление	Аккумулятивная равнина, незначительно расчлененная за счёт кратковременных возвратных воздыманий. Весь рельеф выработан в рыхлых осадках четвертичного возраста.

Механизм формирования **ярусов** рельефа и террас одинаков. Разница лишь в продолжительности формирования, площасти распространения и сложности строения. Ярус рельефа формируется за геологические периоды, распространен на площасти в сотни квадратных километров и состоит из множества мелких форм рельефа, а терраса формируется всего за тысячи и десятки тысяч лет, развита в пределах одной долины, имеет простое строение. И ярус рельефа и терраса образуются за цикл, состоящий из двух

этапов. Первый этап – усиленное поднятие земной коры, преобладание глубинной эрозии, формирование склонов. Второй этап – относительное опускание, преобладание боковой эрозии, формирование широких днищ долин, впадин, региональных субгоризонтальных поверхностей. Новое усиление поднятий опять приводит к донной эрозии, врезу в сформировавшиеся днища, субгоризонтальные поверхности. Таким образом, и ярус рельефа, и терраса состоят из выровненных субгоризонтальных базисных поверхностей на которые опираются одновозрастные склоны. Сами поверхности обрезаются склонами более молодой возрастной генерации.

Так как суммарные вертикальные движения положительные, то чем выше ярус рельефа, тем он древнее. Самый верхний и древний ярус – это исходная выровненная поверхность. Самым молодым ярусом рельефа являются современные речные долины, отвечающие последнему этапу расчленения.

Но и внутри долины выделяются террасовые ступени. Значит ритмичность в смене знаков относительных движений подчиняется строгой иерархии: более долгоживущие односторонние ритмы более крупного ранга (поднятия или опускания) состоят из сменяющихся кратковременных поднятий и опусканий более мелкого ранга.

По количеству ярусов рельефа, их возрасту, деформациям можно судить об этапах усиления и интенсивности вертикальных тектонических движений, а перепадам высот между ярусами – об относительной амплитуде поднятий каждого этапа. Возраст ярусов рельефа можно определить по радиоизотопным, палеонтологическим и спорово-пыльцевым (палинологическим) данным из сохранившихся на ярусах отложений или коррелятных (соответствующих) им осадков в смежных впадинах.

9.4. Методики выявления морфоструктур

Для выявления блоковых структур проводится структурно-геоморфологический анализ рельефа на топографической карте изучаемой площади. Методика их определения следующая. Сначала анализируются абсолютные отметки высоких междуречий – исходной выровненной поверхности. Затем анализируется распределение полученных высот по площади карты. Если вся территория представляет единый морфоструктурный блок, то высоты будут близки. Если же в структуре района выделяется несколько блоков, испытывающих разноамплитудные вертикальные движения, исходная поверхность будет разбита и поднята на разную высоту.

Поэтому на границах соседних блоков абсолютные высоты междуречий будут заметно отличаться и между ними можно провести линию разрывного нарушения. В рельефе зона разрыва часто выражена прямолинейными склонами, обрывами, иногда коленообразными изгибами рек. На геологических картах такие разрывы могут быть не показаны, так как они имеют еще сравнительно небольшие амплитуды перемещения крыльев. На картах же показываются древние разломы с заметными амплитудами сме-

щений, образующие зоны дробления, изменения горных пород. Если такие разломы активны и в новейший этап, с ними будут совпадать границы морфоструктур.

Кроме анализа ярусов рельефа, континентальные структуры выявляются по изучению рельефа морских побережий. Так как в пределах опускающихся структур побережье изрезано, с многочисленными заливами, подводными дельтами, эстуариями. При поднятиях образуются спрямленные аккумулятивные берега, морские террасы, выступающие в море дельты рек. Хорошо выявляются морфоструктуры при анализе продольного и поперечного профиля речных долин. На относительно поднимающихся блоках долина будет с V образным поперечным профилем, порожистым руслом. При переходе на относительно опускающийся блок, долина резко расширяется, русло реки приобретает извилистость. Количество террас, их высота на разных блоках также будет разной. Прослеживая террасы вдоль речной долины или морские террасы вдоль побережий, аналогично тому, как прослеживаются слои, можно выявить все основные особенности приповерхностной структуры: границы блоков, характер внутриблочных деформаций.

Часто у границ блоков с разной амплитудой поднятий наблюдаются речные перехваты: перехват интенсивно врезающейся рекой с более низким базисом эрозии части долины или притоков реки с более высоким базисом эрозии. При горизонтальных перемещениях блоков между ними возникают долины-раздвиги: аномально расширяющиеся участки долины. При этом образуется горизонтальный уступ борта главной долины, вдоль которой прослеживается долина-приток.

Современные структуры, активные в настоящее время, выявляются геодезическими и геофизическими методами, заключающимися в постоянном многолетнем наблюдении за изменением абсолютных высот реперных точек поверхности, очагами землетрясений, напряженным состоянием земной коры.

ТЕМА 10

ОСНОВНЫЕ СТРУКТУРНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ СТРАТИСФЕРЫ.

Структурные этажи. Иерархическая классификация структурных форм. Характерные особенности тектонического строения геосинклинальных (складчатых) областей. Характерные особенности тектонического строения платформенного чехла.

10.1. Структурные этажи

Формирование структур земной коры происходит в результате циклического проявления во времени интенсивности геологических процессов. В результате каждого цикла регионального ранга формируется **структурный этаж**: совокупность геологических тел (слоев, разрывов, интрузий), характеризующихся своим набором структурных форм или ти-

типов залегания, степенью метаморфизма, магматизма. Структурные этажи отвечают циклам развития земной коры, начинающиеся опусканием, осадконакоплением, и кончающиеся поднятием, деформацией пород, формированием разрывов, магматизмом с последующим перерывом в осадконакоплении и разрушением. Выше и ниже лежащие этажи разделены угловым и азимутальным несогласиями и перестройкой структурного плана, чаще всего – складчатости. Структурный этаж отвечает одному циклу тектоно-магматической активизации. Для Европы эти циклы имеют свое название: байкальский, каледонской, герцинский, альпийский.

Иногда студенты путают структурные этажи и структурно-геологические (фациальные) зоны. Этажи выделяются на одной территории и отвечают этапам ее геологического развития в времени. Структурно-фациальные зоны – разные территории, различающиеся историей геологического развития. Покровы (шарьяжи) приводят к тому, что на площади одной карты могут соседствовать несколько сдвинутых вместе различных зон.

При построении профильных геологических разрезов через площадь, на которой выделяется более одного структурного этажа, разрез строится поэтапно, начиная с самого молодого. Следует помнить, что структуры каждого этажа имеют свою форму, а подошва более молодых этажей является верхней границей распространения пород нижних этажей (как рельеф). Геологические границы нижележащих этажей по возможности трассируются, прослеживаются с учетом их структуры под подошвой вышележащих этажей.

Структурный этаж – это комплекс горных пород (или часть разреза), обладающий единством структурного плана и сходным региональным метаморфизмом и магматизмом. От выше- и нижележащих толщ, обладающих новым структурным планом и степенью метаморфизма, он отделен угловым несогласием.

На платформах выделяют два (фундамент и осадочный чехол), или три (фундамент, промежуточный и осадочный) этажа, а в складчатых областях их количество может достигать и четырех, в зависимости от числа циклов тектоно-магматической активизации. Внутри этажей выделяются структурные ярусы, подъэтажи и подъярусы. Они разделяются параллельными или угловыми несогласиями, отвечающими перерывам в осадконакоплении и размыву горных пород без существенной перестройки структурного плана территории и смены тектонического режима. Термин «структурный ярус» иногда употребляют в качестве синонима термина «структурный этаж», иногда как часть структурного этажа. В общем случае, это термин более свободного пользования, чем «структурный этаж».

Структурные подъэтажи и подъярусы – части структурных ярусов и этажей.

10.2. Иерархическая классификация структурных форм.

Все структурные формы образуют системную иерархию или соподчинение. Для каждой структуры, начиная от континентов и океанов, характерен свой набор взаимозависимых все более и более мелких структур со своими характерными особенностями. Это связано с тем, что общими источниками энергии для формирования структур является ротационное вращение Земли и глубинные процессы внутри самой Земли. В результате их сложного взаимодействия происходит образование и планетарных и локальных структур. При этом энергия развития планетарных структур как бы рассеивается, интерферирует к все более и более мелким структурным формам. Именно поэтому, чем крупнее структура, тем она более устойчива и инертна в геологическом времени – долгоживущая. При переходе от более крупных иерархических уровней к более мелким, закономерно увеличиваются характерные углы на крыльях складок. Так, на платформах углы на крыльях синеклиз и антеклиз не превышают долей градуса, у сводов и валов – это несколько градусов, а у локальных структур могут достигать десятков градусов и даже быть вертикальными (диапировые складки и соляные купола).

Структурами самого низкого (крупного) ранга являются планетарные структуры. Они изучаются не только структурной геологией, но и многими другими геологическими науками, например, геофизикой, геодинамикой и т.д. Это связано с тем, что планетарные структуры являются не элементарной чисто структурной формой, а сложным формированием, в выделении которого учитываются различные признаки: структурные, геодинамические, геофизические, литологические и многие другие. Кроме того, знания о Земле постоянно развиваются, описываются новые структурные формы и возникают новые термины, понятия и классификации. Поэтому в настоящее время существует множество классификаций планетарных структурных форм, которые можно условно разделить на три группы:

- **Геодинамическая классификация**: выделяет над мантией литосферные плиты – относительно жесткие, развивающиеся как единое целое, участки литосферы, разделенные линейными подвижными зонами с повышенной тектонической, сейсмической, вулканической активностью (рис.10.1). Друг относительно друга литосферные плиты перемещаются преимущественно в горизонтальном направлении. Всего выделяется семь главных литосферных плит Земного шара: Евроазиатская, Австралийская, Антарктическая, Тихоокеанская, Северо- и Южно- Американские и Африканская. Внутри этих литосферных плит могут выделяться более мелкие. В структурном и географическом плане литосферные плиты включают континенты (сушу) и океаны. В зависимости от взаимных

Рис. 10.1 Глобальная система рифтов (по В Е Хайну и М Г Ломизе).

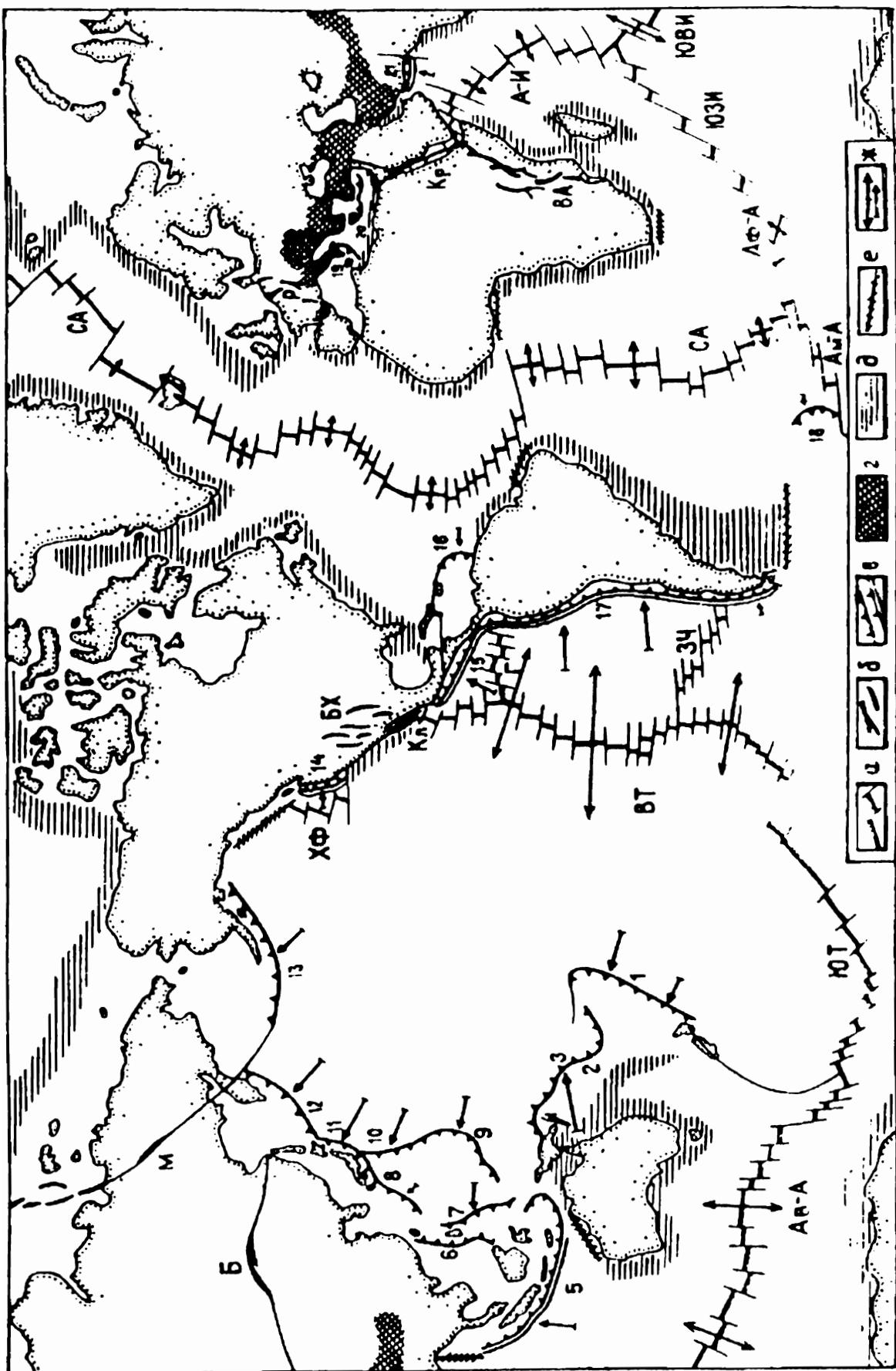


Рис. 10.1 Глобальная система современных континентальных и океанских рифтов, главные зоны субдукции и коллизии.

Условные обозначения

(расшифрованы только те обозначения, которые упомянуты в тексте):

а – океанские рифты (зоны спрединга) и трансформные разломы, б – континентальные рифты; в – зоны субдукции; г – зоны коллизии;

перемещений, разделяющие литосферные плиты зоны различаются по строению и имеют свои названия.

Если литосферные плиты раздвигаются (перемещаются в противоположных горизонтальных направлениях), между ними возникают зоны *спрединга*, представленные *рифтовыми системами* (например, Срединно-Атлантическая). Рифтовые системы разделены гигантскими разломами-сдвигами, называемыми *трансформными разломами*.

Если плиты перемещаются навстречу друг другу, возникают зоны *субдукции и коллизии*.

Зона субдукции возникает, если одна литосферная плита, более тяжелая, надвигается (наползает) на более легкую. Последняя по наклонной плоскости погружается в недра Земли. Поверхность, по которой она погружается называется зоной Беньофа и характеризуется повышенной сейсмичностью. Например, Тихоокеанская плита погружается под Евроазиатскую. Граница проходит с севера на юг через Камчатку, Сахалин, Курилы, Японию.

Если две плиты сталкиваются без погружения одной из них, возникают *зоны коллизии* – дробления, метаморфизма пород, Воздымания земной коры и интенсивного роста гор. Например, Анды (Кордильеры) возникли на границе Тихоокеанской и Американских плит, а Гималаи – на границе столкнувшихся и спаявшихся более мелких Сибирской и Индокитайской плит.

- **Геофизическая классификация**: Земля разделяется на оболочки по комплексу физических свойств, главное из которых – разная скорость прохождения сейсмических волн от поверхности Земли до центра. Только по этому параметру выделяются внутреннее и внешнее ядро, мантия, состоящая из множества отдельных слоев, литосфера, земная кора. Земная кора, в свою очередь делится на континентальную (трехслойную) и океаническую (двухслойную).

- **Морфологическая (структурная)** классификация рассматривает основные элементы земной коры, главным образом, по ее внешним признакам. Самые крупные из них (структуры I ранга) – платформы, складчатые пояса (геосинклинали), рифтовые системы и области возрожденной тектонической активности (эпиплатформенные орогены). Каждая из вышеперечисленных структурных форм состоит из более мелких, характерных для той или иной структуры, форм.

Платформы – тектонически относительно устойчивые несейсмичные структуры континентальной земной коры со слабым магматизмом. В строении платформ выделяются два структурных этажа: фундамент, сложенный лисло-

цированными метаморфическими породами, прорванными интрузиями, и чехол, состоящий из слабо дислоцированных (за исключением территорий развития солянокупольной тектоники и грязевого вулканизма), почти неизмененных осадочных пород преимущественно морского генезиса. Рельеф платформ равнинный, местами холмистый. В океанах аналогами платформ являются абиссальные равнины.

Щиты – части платформ, лишенные осадочного чехла или обладающие маломощным чехлом. Это объясняется тем, что щиты в своей истории испытывали преимущественно устойчивые суммарные вздыивания. Многочисленными разрывами щиты разбиты на более мелкие блоки. Примеры *Алданский, Украинский, Балтийский*.

Плиты – части платформ, перекрытые мощным (тысячи метров) осадочным чехлом. Это объясняется тем, что плиты в своей истории испытывали преимущественно устойчивые суммарные погружения.

Внутри плит выделяют более мелкие структуры – **синеклизы**, геологически отрицательные структуры. Примеры *синеклиз Московская, Прикаспийская, Вилюйская*. Наклон крыльев синеклиз – 1° и менее, поперечные размеры – до тысячи километров. Мощность чехла в их пределах – 3-5 км. Фундамент под синеклизами прогибается. Почти всегда, примерно под центральной частью синеклиз в нем выделяются **авлакогены** – гигантские погребенные грабены длиной сотни и шириной десятки километров. Глубина залегания фундамента в центральной части авлакогена достигает 10-12 км. Разломы, образующие грабен, часто проникают в осадочный чехол. Такую сложную структуру, состоящую из авлакогена и расположенной над ним синеклизы, чтобы подчеркнуть их единство, называют **грабен-синеклизой** или **грабен-синклиналью**. В осадочном чехле синеклиз на крыльях над авлакогенами часто формируются еще более мелкие структурные формы – **флексуры и валы**. Последние представляют собой цепочки изометричных антиклиналей – **куполов и синклиналей – мульд**, а также **седловин**, высотой десятки и шириной сотни метров и километры. Именно такие купола и валы являются основными ловушками для нефти и газа.

Антеклизы – внутривертикальные пологовыпуклые поднятия, обычно смежные с синеклизами, того же ранга и размера. Под антеклизами часто расположены крупные выступы фундамента (горсты), перекрытые осадочным чехлом небольшой мощности (1-1,5 км). Разломы, образующие горст часто проникают в осадочный чехол. Такую сложную структуру, состоящую из выступа фундамента и расположенной над ним антеклизы, чтобы подчеркнуть единство этой структуры, называют **горст-антеклизой** или **горст-антиклиналью**. Примеры *Белорусская, Воронежская*. Вершины антеклиз часто называют сводом. Так же, как и на синеклизы, осадочный чехол в их пределах, обычно, осложнен валами, куполами, флексурами.

Характерные особенности тектонического строения платформенного чехла.

Платформы развиваются на складчатом основании, являющемся их цоколем, фундаментом, для которого характерны все черты строения вышеперечисленные для геосинклинали, за исключением рельефа и активного вулканизма. Геологические условия образования фундамента пока окончательно не выяснены. Особенности нового платформенного режима развития запечатляются в строении осадочного чехла, отделенного от складчатого основания несогласием. Иногда на платформах выделяется промежуточный комплекс, или структурный этаж, отражающий постепенность перехода геосинклинали от активного к спокойному режиму. От выше- и нижележащих толщ он также отделен угловым несогласием.

Складчатость платформенного чехла развита прерывисто, в виде отдельных антиклиналей или их групп преимущественно поперечного изгиба. По морфологии это, как правило, купола и брахиантиклинали. Они часто конседиментационные. На отдельных горизонтальных срезах складки могут иметь различные плановые очертания. По выраженности в разных горизонтах чехла и особенностям развития локальные поднятия подразделяются на следующие типы (таблица 10.2)

Таблица 10.2.

Виды антиклиналей платформ по выраженности в разных горизонтах чехла

Название	Характеристика
1. Сквозные, непрерывного развития.	Выражены во всех горизонтах, имеют убывающую вверх по разрезу амплитуду.
2. Сквозные, возрожденные.	Снизу вверх амплитуда уменьшается до определенного уровня, а затем остается неизменной.
3. Погребенные, раннего развития.	Рост структур начался с самого начала отложения осадков, а затем прекратился.
4. Новообразованные (бескорневые) позднего развития	Выражены, начиная с определенного стратиграфического горизонта и затухают с глубиной. Встречаются редко над молодыми активизированными разломами.
5. Комбинированные	Крупные купола по молодым отложениям и системы мелких малых складок по более древним.

- **Разрывы** распространены менее широко, чем в геосинклиналях, смещения по ним менее выражены. В целом образуют мозаичную, изотропную структуру. Данные геологического дешифрирования космических снимков показывают, что для платформ характерна довольно густая сеть линеаментов - разрывов с некартируемыми амплитудами перемещений по ним.
- **Магматизм** представлен траптовой разновидностью (основные интрузии и покровы базальтов).
- **Рельеф**, как правило, равнинный. Однако известны районы с выраженной неотектонической активизацией – эпиплатформенные орогены. Для таких районов характерны платообразные горы и куэсты, прорезанные глубокими ущельями.

Строение границ платформ

Между платформами расположены или *складчатые (геосинклинальные) пояса, или рифтовые системы*.

Складчатые пояса-планетарные структуры, характеризующиеся осадочными и вулканогенными отложениями большой мощности (километры). Раньше такие структуры назывались геосинклиналями. С появлением концепции тектоники плит их переименовали в складчатые пояса. В настоящее время оба эти термина существуют. Пример Большой Кавказ, Урал. Внутренняя структура складчатого пояса чрезвычайно сложная.

Зоны интенсивной линейной складчатости, магматизма и метаморфизма чередуются с зонами сравнительно слабодислоцированных пород без проявлений магматизма. Широко проявлена разрывная тектоника. Встречаются отдельные участки, образованные несвойственными району экзотическими породами. Раньше они назывались *срединными массивами*, теперь – *террейнами*. На границах с платформой часто встречаются краевые прогибы, покровы, надвиги.

Внутри складчатых областей выделяются *синклиниории и антиклиниории* - сложнопостроенные, в общем выпуклые и вогнутые структуры шириной от десятков до первых сотен километров. Крылья таких структур, в свою очередь, смяты в синклинальные и антиклинальные складки более мелкого ранга. Часто они бывают осложнены горстами и грабенами и называются, соответственно, горст-антиклиниориями и грабен синклиниориями.

Складчатые области соответствуют зонам субдукции по геодинамической классификации структурных форм.

Нефтегазоносность складчатых областей связана, как правило, с антиклинальными складками синклиниориев.

Рифтовые системы - системы линейно вытянутых грабенов планетарного масштаба, выходящие на дневную поверхность. Примеры Байкальская система, Красное Море. Ограничивающие грабены системы субпараллельных разломов часто являются листрическими сбросами. Ширина опущенных блоков на континентах колеблется от нескольких до десятков километров, а на океанах - до сотен километров. Для рифтов характерна современная сейсмическая и вулканическая активность. Заполнены рифтовые впадины либо рыхлыми кайнозойскими отложениями, либо водой. Рифты соответствуют зонам спрединга с геодинамической точки зрения.

Области возрожденной тектонической активности представляют собой структуры, образующиеся в результате возрождения активных тектонических движений в отдельных частях платформ (тогда они называются *эпиплатформенные орогены*) или складчатых областей. Примеры Памир, Тянь-Шань, Плато Путорана, Лабино-Малкинская моноклинальная зона. Для таких структур характерны тектонические поднятия, интенсивная разломная тектоника. При этом разбитые разломами блоки земной коры испытывают разноамплитудные вертикальные движения. В результате возникают горные системы с поднятиями и впадинами. В рельефе это

выражается в чередовании плосковершинных горных сооружений и межгорных впадин, выполненных обломочными континентальными отложениями. Другой особенностью рельефа и гор и впадин является наличие ярко выраженных ярусов рельефа. Как для областей возрожденной тектонической активности, так и для складчатых областей характерно различное число структурных этажей – от одного до четырех. Как правило, породы верхнего структурного этажа лежат субгоризонтально, а нижних – смяты в складки. Но это – не породы фундамента. Фундамент выделяется только у платформ.

В упрощенном виде иерархическая классификация структурных форм и их краткая характеристика приведены в таблице 10.1 В ней более подробно рассмотрены те тектонические структуры, с которыми может быть связана нефтегазоносность.

Характерные особенности тектонического строения геосинклинальных областей

- **Складчатость** преимущественно линейная, продольного изгиба, заполняющая все пространство геосинклинальных областей. Характерны сходные ориентировки осевых поверхностей складок. Широко распространены наклонные и опрокинутые складки, осложненные надвигами.
- **Разрывы** имеют широкое распространение и, как правило, образуют как согласные длинным осям складок, так и поперечные системы. Часто встречаются надвиги. В глобальном масштабе геосинклинальную систему можно рассматривать как гигантский глубинный разлом.
- **Магматизм** широко распространен как в эфузивном, так и в интрузивном виде. Состав магматических пород разнообразен – от ультраосновного до кислого.
- **Резкие изменения фациального состава и мощностей вкрест проекции складчатых областей.**
- **Рельеф**, как правило, сильно расчлененный. Абсолютные отметки могут достигать 8000 м. Расчлененность рельефа может достигать 1500 м. Горные хребты, в основном, протягиваются вдоль геосинклинальных систем. Речные долины, обычно, рассекают их. На заключительных стадиях развития геосинклиналей тектоническая активность затухает и рельеф выравнивается.

Иерархическая классификация структурных форм.

Табл. 10.1

Земля			
надпородковые структуры			
Континенты			Океаны
трехслойный тип земной коры, положительные формы рельефа (преимущественно тектонические поднятия)			двухслойный тип земной коры, отрицательные формы рельефа (преимущественно тектонические погружения)
1 порядок			
Геосинклинальные области (складчатые области) Подвижные территории с линейным тектоническим стилем (Альпийская геосинклинальная область)			Стабильные территории с изометрическим стилем
2 порядок			
Геосинклинальные системы (Геосинклинальная система Большого Кавказа)			Щиты
Межгорные приливы			Платформы
3 порядок			
Геосинклинали, синклиниории, антиклиниории			Осадочный чехол
Своды			отсутствует, или маломощен
4 порядок			
Зоны линейных поднятий			чехол.
5 порядок			
Купола			Синеклизы
6 порядок			Желоба
Мульды			Протуберанцы
Валы			Погруженные и незамкнутые структурные формы
Локальные складки			

11. ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1 **Топографическая основа геологических карт.**

Топографическая основа изображает в первую очередь, рельеф. Под рельефом местности понимают совокупность неровностей земной поверхности. На топографических планах и картах рельеф изображают в горизонталях. **Горизонталь** – это замкнутая кривая, соединяющая точки земной поверхности с одинаковой высотной отметкой. Горизонтали получаются как следы пересечения земной поверхности горизонтальными плоскостями, превышения, (разность высот) между которыми одинаковы. На рис показан холм и его изображение горизонталями на карте.

Превышение между соседними горизонталями называется высотой сечения рельефа. Обычно, чем крупнее масштаб карты и спокойнее рельеф, тем меньше высота сечения.

Кроме основных, в случае необходимости, на картах вычерчиваются дополнительные (изображаются прерывистыми линиями) горизонтали. Они применяются по мере надобности для деталей и форм рельефа, существенных для данного масштаба, но не отраженных основными горизонталями. Как правило, инструкции рекомендуют проведение дополнительных горизонталей на половине, а при необходимости – также на четверти основного сечения. Такие дополнительные горизонтали называются **полугоризонталями и четвертьгоризонталями**.

Иногда приходится вводить вспомогательные горизонтали произвольного, но определенного сечения, с обязательной подписью их высоты.

При пользовании горизонталями важно уметь видеть в них не только математические линии равных высот, но и линии, рисующие формы рельефа. По начертанию горизонталей судят о типе рельефа. Мягким формам рельефа свойственны округлые, плавные горизонтали, резким формам извилистые и угловатые.

Подписи высот горизонталей делаются настолько часто, чтобы легко найти значения любой горизонтали. Подписи размещают так, чтобы их основание указывало падение ската. Высоты суши (абсолютные отметки, подписанные на горизонталях) считают от уровня моря.

Для облегчения определения направлений скатов на некоторых горизонталях проводят короткие черточки, называемые **бергштрихами**.

Расстояние между соседними горизонталями в плане называется **заложением**. Чем меньше заложение, тем круче скат местности и наоборот (рис.11.1).

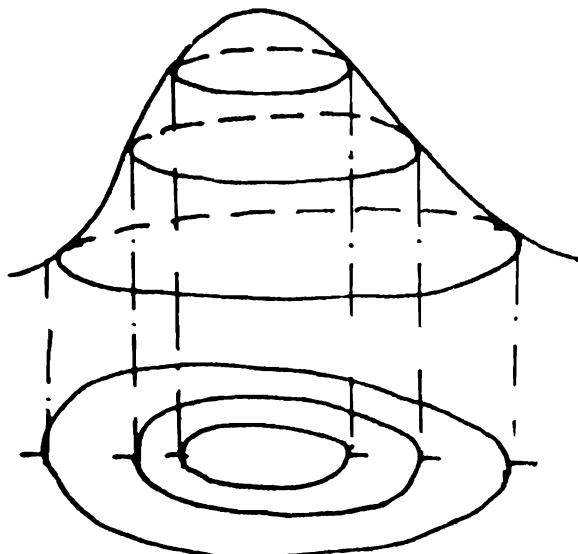
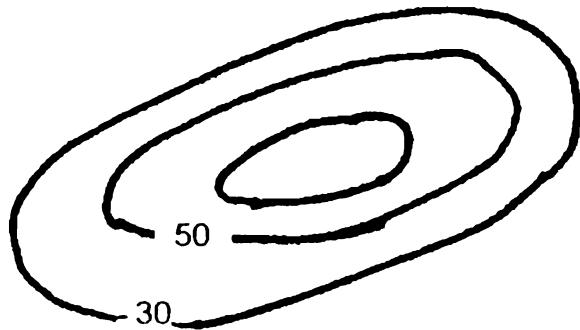


Рис. 11.1 Холм и его изображение горизонтальными в плане

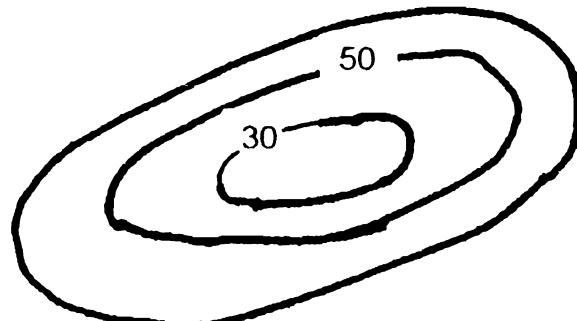
Изображение наиболее характерных форм рельефа и их частей приведено на рис. 11.2

Рис. 11.2. Изображение на топооснове элементарных форм рельефа.

Гора (холм, сопка) – выпуклая форма рельефа. Основание горы называется **подошвой**, наивысшая точка – **вершиной**. Изображается замкнутыми горизонтальными.



Котловина (впадина) – вогнутая форма рельефа, замкнутое понижение. Самую низкую точку котловины называют дном. Изображается замкнутыми горизонтальными.



Гряда, хребет, - выпуклая удлиненная форма рельефа, постепенно понижающаяся в одном направлении. По перегибу хребта перпендикулярно наибольшей кривизне горизонталей проходит водораздельная линия, или **водораздел**.

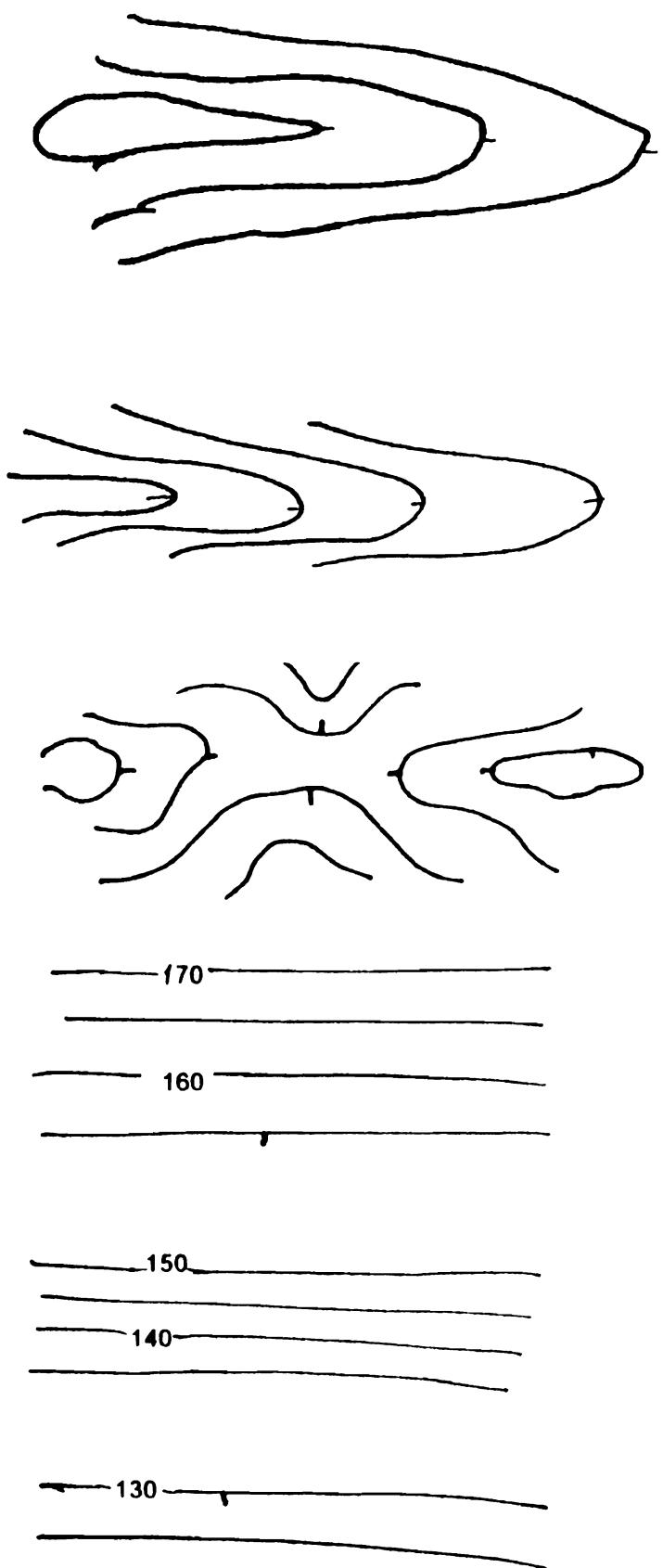
Ложбина (лощина) – вогнутая форма рельефа, постепенно понижающаяся в одном направлении. По дну лощины, перпендикулярно наибольшей кривизне горизонталей проходит линия водослива – **тальвег**.

Седловина – переходная форма рельефа, располагается между двумя хребтами и двумя лощинами. К ее центру подходят водоразделы и от нее начинаются тальвеги.

Склон изображается относительно ровными параллельными между собой горизонталями. Любые перегибы склона выражаются увеличением или уменьшением расстояния между соседними горизонталями.

Бровка – перегиб склона от более полого наверху к относительно крутым внизу.

Терраса – очень пологая, почти горизонтальная часть склона, или выложенная часть водораздела.



Приложение 2

Картографическая генерализация.

Картографическая генерализация – это отбор и обобщение изображаемых на карте объектов в соответствии с тематикой, назначением, масштабом карты и особенностями картируемых объектов и явлений.

Соответствие тематике означает, что на разных по содержанию картах для одной и той же территории изображают различные объекты. Например, на литологической карте показывают состав горных пород, выходящих на дневную поверхность, на структурной – абсолютную отметку картируемой поверхности, на биостратиграфической – возраст выходящих на дневную поверхность тощ и т.д.

Соответствие назначению означает, что на разных по назначению картах для одной и той же территории покажут различные объекты. Научно-справочная карта, например, должна быть более подробной, чем демонстрационная, а учебная содержать только те сведения, которые известны учащимся.

Соответствие масштабу означает, что обзорные карты содержат более обобщенные сведения, чем детальные.

Соответствие особенностям картируемых объектов, явлений и территории означает, например, что на карте полезных ископаемых для территории с неустановленной нефтегазоносностью должны быть показаны все обнаруженные признаки углеводородов, тогда как на картах такого же масштаба нефтегазоносных районов показывают только значительные или неизвестные ранее нефтегазопроявления.

Картографическую генерализацию осуществляют с помощью **отбора** и **обобщения** картируемых объектов (рис. 11.3).

Рис. 11.3. Картографическая генерализация



Отбор осуществляют, руководствуясь **нормами и цензами**.

Нормы отбора указывают, какую часть картируемых явлений показывают на карте. Например, при геологической съемке замеряют тысячи элементов залеганий слоев, но показывают на карте очень небольшую их часть при горизонтальном залегании совсем мало, при наклонном – несколько больше, а при складчатом – больше всего, столько, чтобы можно было бы показать геологическое строение района. При применении норм

отбора, подход к картируемым явлениям статистический.

Цензы отбора указывают, какие объекты *исключают* с карты (*исключающие*), а какие обязательно присутствуют на карте (*избирательные*). Например, на геологических картах исключают все объекты, площадью менее 4 mm^2 в масштабе карты, маломощный покров четвертичных отложений и т.д. Однако, если геологическое тело хоть и имеет площадь менее 4 mm^2 в масштабе карты, но связано с какими-либо полезнымиископаемыми, его все равно показывают.

При применении норм отбора, подход к картируемым явлениям индивидуальный.

Обобщают картируемые контуры, объединяя картируемые явления, или укрупняя ранг картируемых объектов.

Графическое обобщение состоит в избирательном упрощении плановых очертаний изображаемых объектов. При этом должны сохраняться особенности очертаний, характерные для данного объекта и отличающие его с точки зрения данной карты признаки. Графическая генерализация тесно связана с понятиями геометрической точности и тематической верности. **Геометрическая точность** – это степень соответствия местоположения точки на карте их местоположению в действительности. Геометрическая точность карты должна быть возможно большей, что обеспечивает возможно более точный показ картируемого объекта на своем месте, в своих очертаниях и размерах. **Тематическая верность** обеспечивает передачу картируемой действительности в ее главных, типических чертах.

Чтобы сохранить требование тематической верности, на картах изображают детали исчезающие малые, но важные по значению, используя, например, внemасштабные знаки или преувеличивая (утрируя) характерные детали. Требования географической точности повышаются к картам, предназначенным для измерений и проектирования (средне- и крупномасштабным картам), тогда как требования тематической верности выступают на первый план на демонстрационных, мелкомасштабных и обзорных картах

Собирательное обобщение заключается в укрупнении рангов картируемых объектов и *исключение* самых мелких из них. Например, на топографической основе геологических карт горизонталими показываются главные особенности рельефа, исключается информация о растительности, второстепенных хозяйственных объектах.

Различные виды генерализации связаны между собой.

Приложение 3

Элементарные сведения о геологической съемке.

Геологические карты составляют на определенную площадь. Обычно, площадное геологическое изучение территории начинают с мелкого масштаба, с составления мелкомасштабных карт, затем составляются средне-, а потом, на обжитые территории и площади, перспективные для поисков полезных ископаемых - крупномасштабные и детальные карты, а при необходимости и планы.

Геолого-съемочные работы – это научно-производственные работы. Порядок и краткое содержание работ приведены в табл 11.1

Таблица 11.1

Содержание геологосъемочных работ

Этапы и стадии работ	Доля в работах	Характеристика
Проектная стадия	5%	Составление проекта и сметы работ
Подготовительный этап	15%	Формирование коллектива будущих работ Заказ материалов и оборудования. Изучение материалов предшественников и материалов аэро и космосъемки. Составление предварительной геологической карты по материалам предшествующих работ и предварительного дешифрирования аэрофотоснимков.
Основной (съемочный) этап	60%	Состоит из полевой и камеральных стадий, циклически повторяющихся в соответствии с длительностью работ Продолжение работ в новом цикле может производиться наращиванием площадей или сгущением работ. Относительная длительность и сезон каждой стадии зависит от географического местоположения территории, вида, целей и задач работ. Состоит из рекогносцировки, изучения геологического разреза, картировочных и поисковых работ в соответствии с проектом работ Проверка и уточнение предварительной карты. Составление полевой карты работ.
Камеральная стадия		Производство аналитических исследований, составление макета окончательной карты.
Заключительный этап	15%	Проведение проверочных и увязочных маршрутов, составление окончательной карты и отчета.
Ликвидационная стадия	5%	Ликвидация базы работ, горных выработок. Рекультивация земель. Передача материалов в фонды, курнохранилище и т.д.
Издание карты		Отдельный вид работ, связанный с редакцией, коррекцией и изданием карты и объяснительной записки к ней.

Приложение 4

Номенклатура геологической карты

Номенклатуры, применяемые в мире разнообразны. В России принята номенклатура, основанная на международной разграфке листов карты масштаба 1:1000000, который занимает 4° по широте и 6° по долготе

➤ Номенклатура листа масштаба 1:1000000 строится следующим образом:

- Поверхность Земного шара параллелями от экватора через 4° делится на **ряды**, которые обозначаются заглавными буквами от *A* до *U*, начиная от экватора к северу и югу.
- Поверхность Земного шара меридианами через 6° делится на **колонны**, которые нумеруются арабскими цифрами, начиная от меридиана, с долготой 180° в направлении с запада на восток (рис.11.4).
- Обозначение номенклатуры листа м-ба 1:1 000 000 складывается из латинской буквы, которой обозначен ряд, и числа, который означает колонну, *например, N-37* (заштриховано на рис.11.4). На этой территории располагается Москва.
- ❖ Построенная по такому принципу номенклатура, дает два набора обозначений, одинаковых для северного и южного полушария, но так как Россия расположена в северном полушарии, то по умолчанию, только оно и имеется в виду. В противном случае следует оговорить наименование полушария.
- ❖ Выше 64° и 80° широты листов занимают по долготе 12° и 24° соответственно, то есть являются сдвоенными и счетверенными. Номера колонн в их номенклатурах записываются через запятую (*Q 38,39*)

Номенклатура карт более крупного масштаба строится на основе листа 1:1000000:

- 1:500 000 - делением листа 1:1000000 на 4 части и обозначением этих частей заглавными буквами русского алфавита А, Б, В, Г (*N-37-B*),
- 1:200 000 - делением листа 1 1000000 на 36 частей (матрица 6x6) и обозначением их римскими цифрами I,II,...,XXXV, XXXVI. (*N-37-XXIII*),
- 1:100 000 - делением листа 1 1000000 на 144 части (матрица 12x12) и обозначением их арабскими цифрами 1, 2,...143, 144. (*N-36-3*),
- 1:50 000 - делением листа 1 1000000 на 4 части и обозначением этих частей заглавными буквами русского алфавита А, Б, В, Г (*N-36-3 -A*), (рис 11.5),
- 1:25 000 – делением листа 1:50000 на 4 части и обозначением этих частей маленькими буквами русского алфавита – а, б, в, г (*N-36-3 -Г-г*).
- ❖ 1:10 000 - делением листа 1:25000 на 4 части и обозначением их арабскими цифрами 1, 2, 3, 4. *N - 36-3 - Г - а - 1*.

Образование номенклатуры карт некоторых масштабов приведено на рис. 11.5.

Рис. 11.4. Разграфка территории России на листы масштаба 1:1000000

Х5

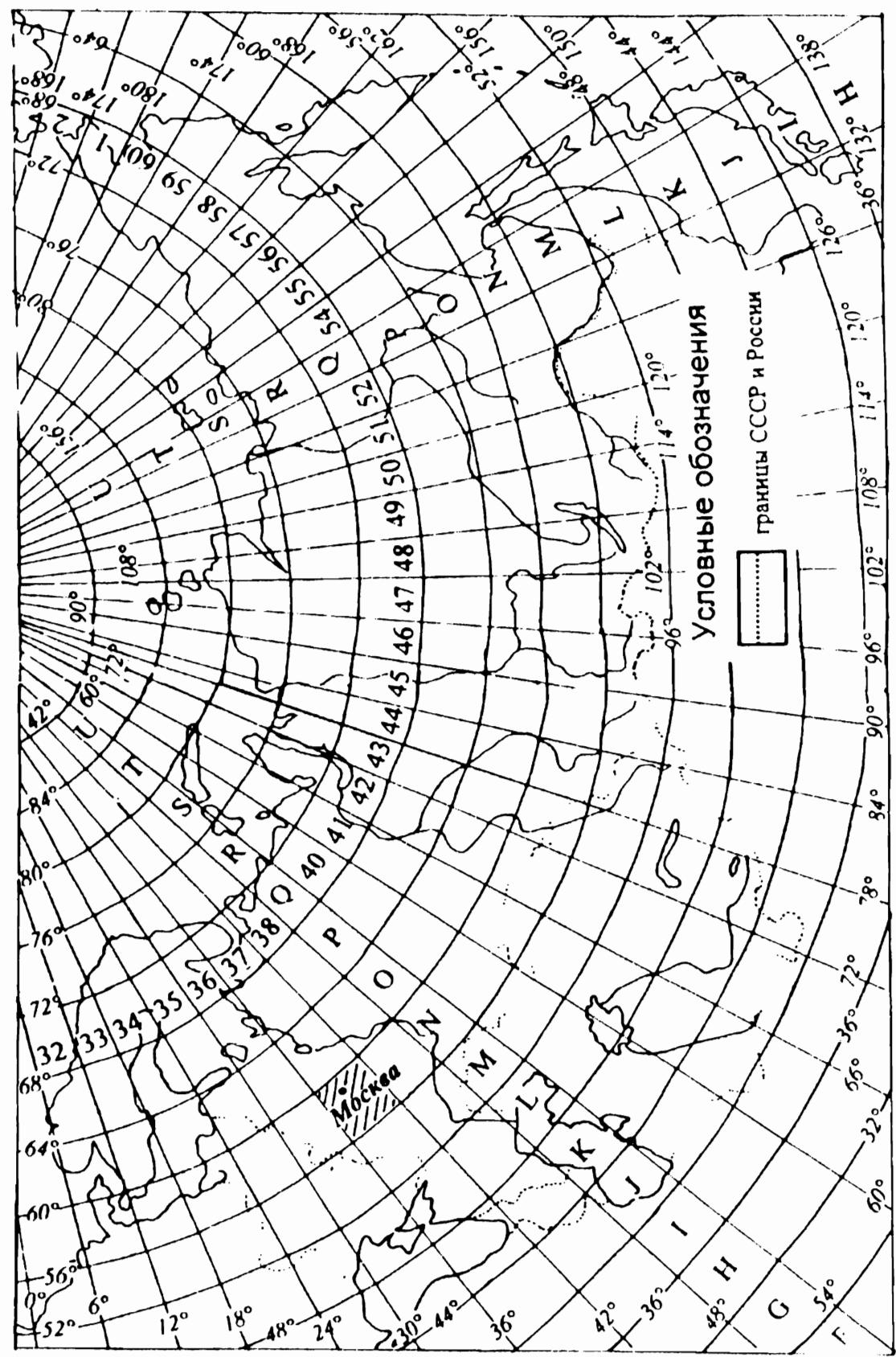
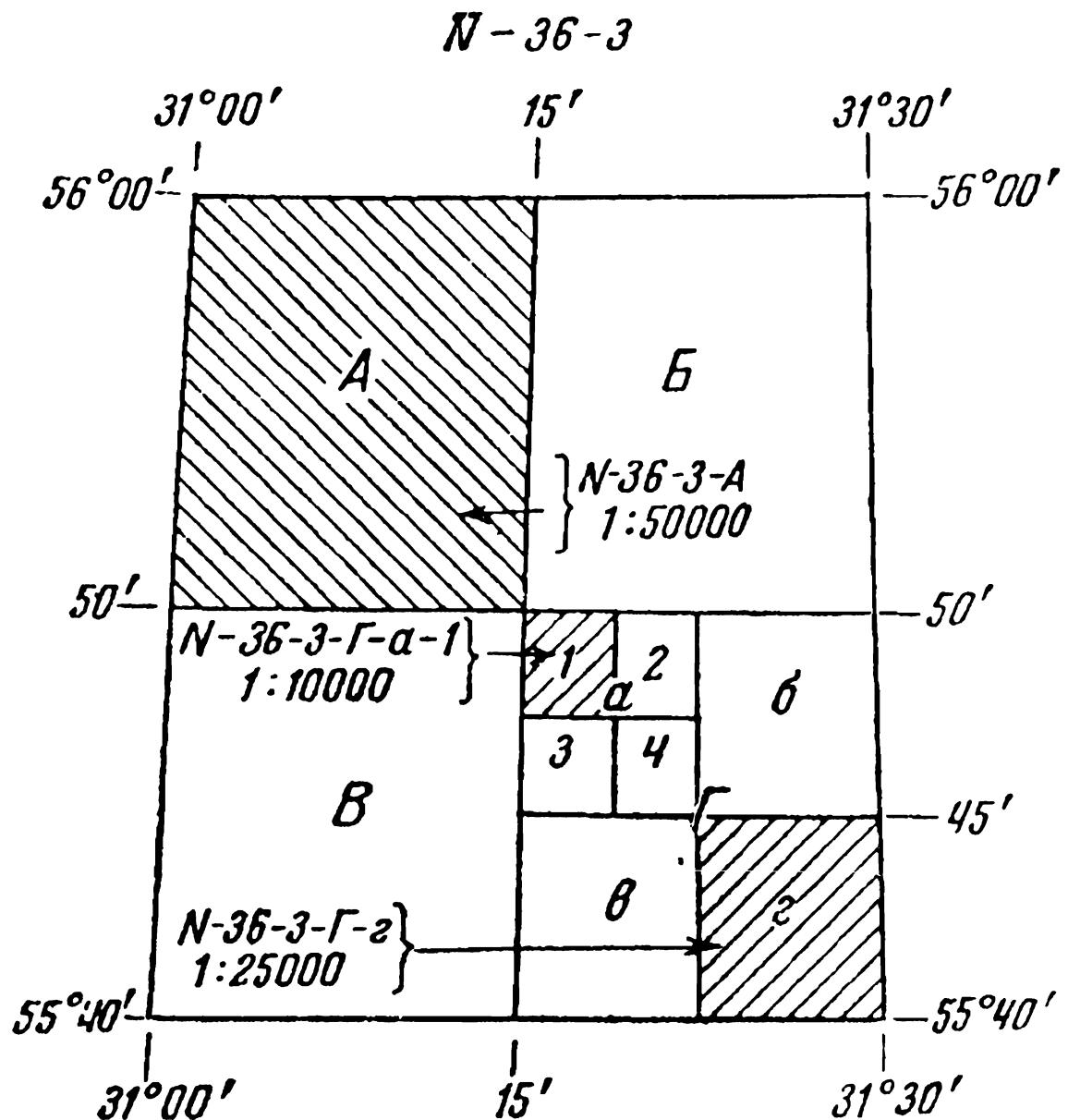


рис. 11.5. Разграфка карты масштаба 1:100000 на листы карты масштабов 1:50000, 1:25000 и 1:10000 (обозначение номенклатуры относится к заштризованным участкам) (По В.А.Апродову)



Карты более крупных масштабов встречаются редко, и, так как для них кривизна геоида оказывается несущественной, они обычно заменяются топографическими планами.

Таким образом, зная номенклатуру карты, можно определить, какие геодезические координаты ее рамки. И наоборот, если известны координаты карты, можно определить ее номенклатуру

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

- Ларин В.И. Милосердова Л.В. Структурная геология и геологическое картирование. Топооснова геологических карт. М.МИНГ 1990
- Милосердова Л.В. Самсонов Ю.В. Основы геологической графики. М.МИНГ,1991
- Михайлов А Е., Корсуганова Н.И., Баранов Ю.Б. Дистанционные методы в геологии. М.Недра, 1993
- Михайлов А.Е. Структурная геология и геологическое картирование. М.Недра, 1973.
- Сократов Г.И.. Структурная геология и геологическое картирование. М.Недра, 1972

Оглавление

ПРЕДИСЛОВИЕ...	3
ВВЕДЕНИЕ...	4
Предмет структурной геологии...	4
Задачи структурной геологии и изучения дисциплины	4
Связь дисциплины с другими науками...	5
ТЕМА 1. ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ТЕЛА, ИХ ГРАНИЦЫ...	5
1.1. Признаки недр....	5
1.2. Геологические тела...	6
1.3. Геологические границы.....	6
ТЕМА 2. ИЗОБРАЖЕНИЕ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ТЕЛ. ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ КАРТЫ...	7
2.1 Геологические чертежи, их виды и назначение.	7
2.2. Геологические карты.....	7
2.2.1 Классификации семейства геологических карт	8
2.2.2. Государственная геологическая карта..	8
2.2.3. Карты в изолиниях и структурные карты	10
2.2.4. Компоновка карты и ее элементы	10
2.3. Геологические разрезы...	12
2.4. Стратиграфическая колонка	12
ТЕМА 3. СЛОЙ. СТРОЕНИЕ СЛОИСТЫХ ТОЛЩ. НЕСОГЛАСИЯ.	13
3.1. Слой и его элементы...	13
3.1.1. Поверхности напластования и их признаки	14
3.1.2. Мощность (толщина) слоя и ее виды	15
3.2 Латеральное окончание слоя...	16
3.3. Слоистость и ее виды	16
3.4. Неслоистые формы залегания осадочных горных пород	18
3.5. Согласное и несогласное залегание. Виды несогласий..	20
ТЕМА 4. НЕНАРУШЕННОЕ ЗАЛЕГАНИЕ...	22
4.1 Горизонтальное залегание...	22
4.2. Первично негоризонтальное залегание осадочных горных пород	25
4.3. Наклонное залегание...	25
4.3.1 Элементы залегания...	25
4.4. Пластовые треугольники...	28
ТЕМА 5. ТЕКТОНИЧЕСКИЕ НАРУШЕНИЯ, УСЛОВИЯ ИХ ОБРАЗОВАНИЯ И ВИДЫ.	29
5.1 Понятие деформации.....	29
5.2. Главные оси деформаций...	29
5.3. Стадии развития деформаций при приложении сил...	30
5.4. Деформации геологических тел...	31
5.5. Будинаж. Компетентные и некомпетентные слои...	32
5.6. Причины деформаций горных пород	34
ТЕМА 6. ПЛИКАТИВНЫЕ ДИСЛОКАЦИИ.	34
6.1. Виды пликативных дислокаций.....	34

6.2. Незамкнутые пликативные дислокации – флексуры	35
6.2.1 Элементы и классификации флексур	35
6.2.2. Геологические условия распространения и размеры флексур	36
6.3. Полузамкнутые структурные формы...	36
6.4. Складки замкнутые структурные формы.	37
6.4.1 Элементы складок...	37
6.4.2. Морфологическая классификация складок...	39
6.4.3. Кинематическая классификация (механические условия образования) складок...	42
6.4.4. Геологическая классификация складок (геологические условия образования складок)...	44
6.5. Значение пликативных дислокаций для нефтегазовой геологии	46
ТЕМА 7 ДИЗЬЮНКТИВНЫЕ ДИСЛОКАЦИИ (РАЗРЫВЫ).	46
7.1 Элементы разрывов...	47
7.2. Классификации разрывов...	47
7.3 Кливаж...	47
7.4 Трещины...	49
7.4.1 Морфологическая классификация трещин...	49
7.4.2. Генетическая классификация трещин...	50
7.4.3. Планетарная трещиноватость.	51
7.5. Разломы...	52
7.5.1 Общая характеристика разломов...	52
7.5.2 Строение поверхности сместителя разломов.	52
7.5.3. Классификации разломов...	53
7.5.4. Ассоциации разломов.....	59
7.6. Тектонодинамическая характеристика разрывов...	59
7.7 Значение разрывов в геологии...	60
ТЕМА 8. СТРУКТУРНЫЕ ФОРМЫ МАГМАТИЧЕСКИХ И МЕТА-МОРФИЧЕСКИХ ГОРНЫХ ПОРОД	60
8.1 Формы залегания эфузивных горных пород...	61
8.2.Формы залегания интрузивных горных пород..	61
8.2.1.Согласные интрузии...	61
8.2.2. Несогласные интрузии...	62
8.2.3. Магматические тела промежуточного характера	62
8.3 Структурные формы метаморфических горных пород...	63
8.3.1 Структурные формы пород регионального метаморфизма...	63
8.3.2. Структурные формы пород динамометаморфизма.	64
8.3.3. Структурные формы пород термомометаморфизма...	64
ТЕМА 9 КОНТИНЕНТАЛЬНЫЕ (НОВЕЙШИЕ) СТРУКТУРЫ, И МЕТОДЫ ИХ ИЗУЧЕНИЯ.....	64
9.1 Особенности континентальных структур..	64
9.2. Рельеф и интенсивность вертикальных тектонических движений.	65
9.3. Ярусы рельефа...	65
9.4. Методики выявления морфоструктур...	67

ТЕМА 10 ОСНОВНЫЕ СТРУКТУРНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ СТРАТИСФЕРЫ	68
10.1. Структурные этажи...	68
10.2. Иерархическая классификация структурных форм...	70
11. ПРИЛОЖЕНИЯ	78
Приложение 1. Топографическая основа геологических карт	78
Приложение 2. Картографическая генерализация	81
Приложение 3. Элементарные сведения о геологической съемке..	83
Приложение 4 Номенклатура геологической карты	84
Рекомендуемая литература...	87
Оглавление.....	88

Подписано в печать
Объем

Формат 60x90/16
Тираж **50**

Заказ **600**

117917, Москва, ГСП-1, Ленинский проспект, 65.
Отдел оперативной полиграфии РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина.