

Модуль №1. «Общая и историческая геология»

Тема №4. Эндогенные геологические процессы

Лекция №12.

Диагенез и катагенез.

Формирование осадочных горных пород.

Формы залегания осадочных горных пород.

Элементы пласта.

Пликативные дислокации.

Элементы складок.

Дизъюнктивные дислокации.

Доцент, канд.техн.наук – А.Ю. Белоносов

Тюмень, 2020

Диагенез и катагенез.

Формирование осадочных горных пород.

При рассмотрении всех процессов внешней динамики видно, что с ними связаны как значительная денудация (разрушение), так и накопление осадков различных генетических типов. По условиям осадконакопления на поверхности земли могут быть выделены две основные части: 1) океаны и моря, являющиеся основными областями современного осадконакопления и 2) континенты, где преобладают процессы денудации, наряду с которыми в ряде мест протекают сложные и многообразные процессы формирования континентальных отложений.

Осадочные горные породы слагают самую верхнюю часть земной коры и занимают значительную площадь. Они образуются в морских и океанических водоемах и на поверхности суши (в озерах, речных долинах, болотах и др.) в результате следующих основных процессов: 1) накопления или осаждения обломочного материала, полученного при разрушении различными экзогенными процессами ранее созданных горных пород; 2) химического осаждения растворенных веществ; 3) жизнедеятельности и отмирания организмов, а также 4) взаимодействия всех этих процессов.

Накопление осадков в морских водоемах и последующее изменение их теснейшим образом связаны с гидродинамикой того или иного бассейна, с интенсивностью привноса в них осадочного материала, с физико-химической обстановкой и распределением различных организмов.

В одно и то же время в различных условиях могут откладываться отличные друг от друга осадки.

Диагенез и катагенез.

Формирование осадочных горных пород.

Современные процессы накопления осадков в морских водоемах представляют интерес не только сами по себе, но и как средство познания тех же процессов, протекавших в прошлом. Осадочные горные породы, слагающие наружную часть земной коры, представляют собой преимущественно осадки древних морей, претерпевшие значительные изменения во времени. Иловые осадки морских водоемов всегда рыхлы. Превращение их в плотные горные породы (окаменение, или литификация) происходит в результате сложного и длительного процесса, называемого диагенезом.

Первичный морской осадок представляет собой многокомпонентную систему, обогащенную микроорганизмами. В её состав входят иловые частицы, химически осажденные соединения, органические вещества, остаточные воды (иловые растворы), заполняющие поры и др. Она представляет собой разнородную смесь реакционноспособных соединений, неуравновешенную и неустойчивую в физико-химическом отношении систему. Вследствие этого сразу начинается взаимодействие отдельных частей осадков друг с другом, с остаточными иловыми водами и со средой их накопления в направлении установления нового физико-химического равновесия.

Преобразование морских осадков происходит в результате целого ряда явлений: 1) растворение и удаление из осадка малоустойчивых минералов, 2) образование новых минералов в соответствии с новой физико-химической обстановкой, 3) перераспределение отдельных веществ и образование конкреций, 4) уплотнение и уменьшение его влажности, 5) перекристаллизация.

Диагенез и катагенез.

Формирование осадочных горных пород.

Важнейшими условиями преобразования осадков в горные породы являются : 1) высокая влажность, которая меняется в соответствии с различным составом осадка, 2) обилие бактерий в самой верхней части осадка, 3) иловые растворы воды, пропитывающие осадок и в большинстве случаев характеризующиеся повышением общей минерализации в сравнении с водами морей, 4) окислительно-восстановительный потенциал. То или иное сочетание этих условий определяет сложные химические реакции, перераспределение вещества, растворение малоустойчивых соединений, образование новых минералов.

Повышенная влажность обуславливает диффузное перемещение вещества в вертикальном и горизонтальном направлениях и, следовательно, способствует образованию новых минералов.

Бактерии разлагают углеводороды и органические соединения, создают новые реактивы и тем самым изменяют химизм среды. В одних случаях они окисляют ряд закисных соединений, в других, наоборот, переводят окисные соединения в закисные.

На направление процесса диагенеза существенное влияние оказывает заключенное в осадке органическое вещество. Большое скопление органического вещества в осадке вызывает дефицит кислорода, появление уголекислоты и сероводорода, т.е. создает восстановительные условия среды.

Диагенез и катагенез.

Формирование осадочных горных пород.

При образовании новых минералов в осадке и их перераспределении существенным фактором является степень кислотности среды осадка и содержание в ней свободного кислорода. Наличие кислорода в осадке зависит в свою очередь от ряда факторов: 1) от интенсивности вертикальной циркуляции воды в отдельных морских водоемах, 2) от содержания органического вещества и 3) от гранулометрического состава осадка.

В прибрежной зоне, где преобладают пески, характеризующиеся крупной пористостью, хорошей водопроницаемостью, ничтожным содержанием органического вещества, создаются окислительные условия среды, наблюдающиеся и в глубине осадка.

Процесс диагенеза в однородных песках, состоящих из кварцевых зерен, сводится практически к уплотнению или цементации.

В более глубоких и удаленных от берега частях моря, где развиты тонкие илы, богатые органическим веществом и бактериями, окислительные или нейтральные условия создаются лишь в самой верхней части осадка, а ниже располагается восстановительная зона. В восстановительной же среде образуются закисные формы. На отдельных участках в морских водоемах окислительная зона отсутствует.

В процессе диагенеза осадка формируются разнообразные конкреции — сrostки или стяжения различной формы, строения и величины, заключенные в осадочных горных породах. Чаще всего они встречаются в пористых породах — песках и песчаниках, а также в трещиноватых и карстующихся известняках и доломитах.

Диагенез и катагенез.

Формирование осадочных горных пород.

Если организмы имели раковины, состоящие из относительно легко растворимого карбоната кальция, то в процессе образования конкреций они могут претерпевать коренное химическое изменение. Карбонат кальция раковин постепенно растворяется и замещается другими соединениями при сохранении формы первичной раковины (**процесс метасоматоза**).

Если новый минерал, химически замещая другой минерал, сохраняет его формы, то такое образование называется **псевдоморфозой**.

Перераспределение отдельных веществ внутри осадка, происходящее в процессе диагенеза, может приводить к значительной концентрации конкреций в отдельных пластах, т.е. промышленным накоплениям полезных ископаемых (руд). С процессами диагенеза связано также и возникновение микронефти из органического вещества, захороненного в иловых морских осадках.

Длительные процессы взаимодействия разнородных частиц осадка друг с другом и со средой, а также все увеличивающееся со временем давление приводят в конце концов к общему уплотнению — **окаменению (литификации)** осадка. В уплотнении осадка имеют большое значение: 1) цементация, 2) перекристаллизация. Цементирующие вещества могут образовываться различным способом. Они могут быть **сингенетическими**, т. е. накапливающимися одновременно с образованием осадка, и **эпигенетическими**, т. е. возникающими при последующем изменении осадка.

Диагенез и катагенез.

Формирование осадочных горных пород.

В зависимости от распределения цементирующих веществ цементацией охватывается или весь слой осадка, или отдельные его участки. При отсутствии же соответствующих условий цементация может не происходить.

Перекристаллизации особенно подвержены иловые отложения органического и химического происхождения, главным образом карбонатные и кремнистые, и в меньшей степени глинистые осадки. Она происходит быстрее всего в однородных мелкозернистых осадках и при большой растворимости слагающих его минералов.

Таким образом, диагенез является весьма сложным и длительным процессом, имеющим чрезвычайно важное значение в образовании осадочных горных пород и ряда полезных ископаемых. Все многообразие процессов диагенеза протекает одновременно, но относительное значение каждого из них меняется во времени. В верхних частях осадка могут происходить процессы растворения, образование новых диагенетических минералов. Ниже по разрезу может происходить перераспределение вещества в осадках с образованием цемента и конкреций, а еще ниже — уплотнение, дегидратация и перекристаллизация. По мере накопления новых осадков будут меняться условия и, следовательно, будет меняться в отдельных частях осадка и характер процессов диагенеза. Так, в результате сложных процессов диагенеза образуются различные осадочные горные породы.

Всю совокупность процессов образования осадков (**седиментогенез**) и осадочных горных пород (диагенез) предложено называть **литогенезом**.

Диагенез и катагенез.

Формирование осадочных горных пород.

Осадочные горные породы, сформированные в процессе диагенеза из рыхлых осадков, в последующем подвергаются различным изменениям под влиянием определенной совокупности процессов. Эти изменения сводятся к приспособлению осадочных пород к новым условиям. Важнейшими причинами, определяющими направленность, характер и степень изменения, являются тектонические движения земной коры — погружение горных пород на глубину. В том случае, когда горные породы погружаются в более глубокие горизонты земной коры, они изменяются в результате повышения давления и температуры. Чем больше погружение, тем больше возрастает давление и температура, а следовательно и степень изменения осадочных пород. В новых условиях происходит значительное уплотнение пород. Наибольшей способностью уплотняться отличаются глины, имеющие и наибольшее распространение среди осадочных горных пород.

В зернистых породах (песчано-алевритовых и др.) под давлением происходит уменьшение пористости вследствие изменения взаимного расположения частиц, т.е. более плотной их упаковки. При высоких давлениях дальнейшее уменьшение пористости зернистых пород возможно за счет раздробления зерен.

Уплотнение сцементированных пород происходит в незначительной степени.

Диагенез и катагенез.

Формирование осадочных горных пород.

Наличие водных растворов в зернистых или трещиноватых сцементированных породах, относительно высокие давления и температуры, существующие на глубине, способствуют процессам растворения, образованию новых вторичных минералов, осаждению растворенных веществ в порах и трещинах и частичной перекристаллизации вещества. В результате указанных изменений глины переходят в аргиллиты (не размокающие в воде), алевролиты — в алевролиты, пески и рыхлые песчаники — в плотные песчаники, ракушечники — в плотные известняки.

Такой процесс изменения осадочных горных пород, происходящий вне зоны диагенеза и метаморфизма при повышенных температурах и давлениях и наличии минерализованных подземных вод, называют **катагенезом**. При дальнейшем повышении температуры и давления, когда осадочные горные породы оказываются на большей глубине, они подвергаются более глубоким изменениям, близким к начальным стадиям метаморфизма. Эту стадию изменения осадочных горных пород называют **метагенезом**. Для нее характерны процессы растворения, перекристаллизации, взаимодействие циркулирующих минерализованных растворов и минералов, при котором возможен привнес и вынос вещества (**метасоматоз**).

Дальнейшее повышение температуры и давления приводит к еще более глубоким изменениям горных пород, соответствующим начальной стадии метаморфизма.

Диагенез и катагенез.

Формирование осадочных горных пород.

В том случае, когда осадочные горные породы в результате тектонических движений поднимаются к поверхности земли, они попадают в совершенно иные условия, которые определяют и иную последовательность всех явлений. Если при погружении слоев горных пород на глубину важнейшее значение приобретает их уплотнение, обезвоживание, перекристаллизация, то при поднятии к поверхности земли, направленность изменений обратная. В этих условиях происходит окисление, растворение, гидратация и другие процессы. Растворение сопровождается выносом веществ, в результате этого увеличивается пористость, кавернозность осадочных пород, они становятся менее плотными. При гидратации происходит увеличение объема. Следовательно происходит как бы регрессивный процесс в сравнении с катагенезом и тем более — метагенезом. Это изменение осадочных горных пород в поверхностной зоне земной коры под влиянием различных факторов выветривания называется **гипергенезом**.

Таким образом, история образования осадочных горных пород и их последующего изменения в условиях прогибания земной коры может быть выражена следующей схемой: седиментация (накопление осадков), или седиментогенез — диагенез (преобразование осадков в горные породы) - катагенез (изменение осадочных горных пород на глубине вне зон диагенеза и метаморфизма) — метагенез (более глубокое изменение вещества осадочных пород, близкое самой начальной стадии метаморфизма).

Конечным моментом в этом ряду будут метаморфизм и превращение осадочных пород в метаморфические.

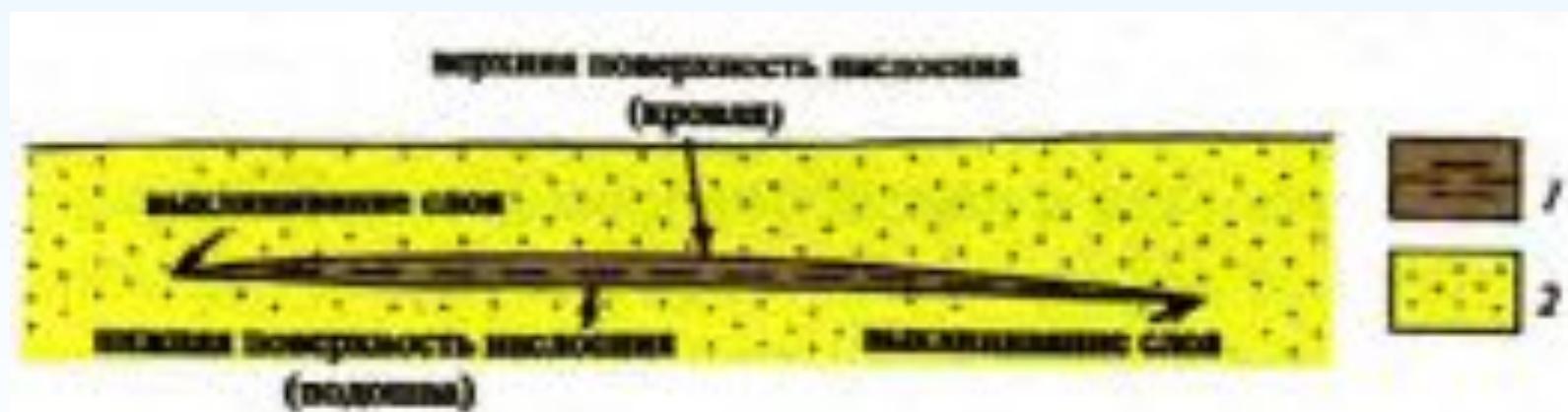
Такой направленный процесс может быть прерван на любой стадии тектоническими движениями, в результате которых осадочные горные породы могут быть подняты к поверхности, где будут происходить уже гипергенные процессы.

Формы залегания осадочных горных пород.

Элементы пласта.

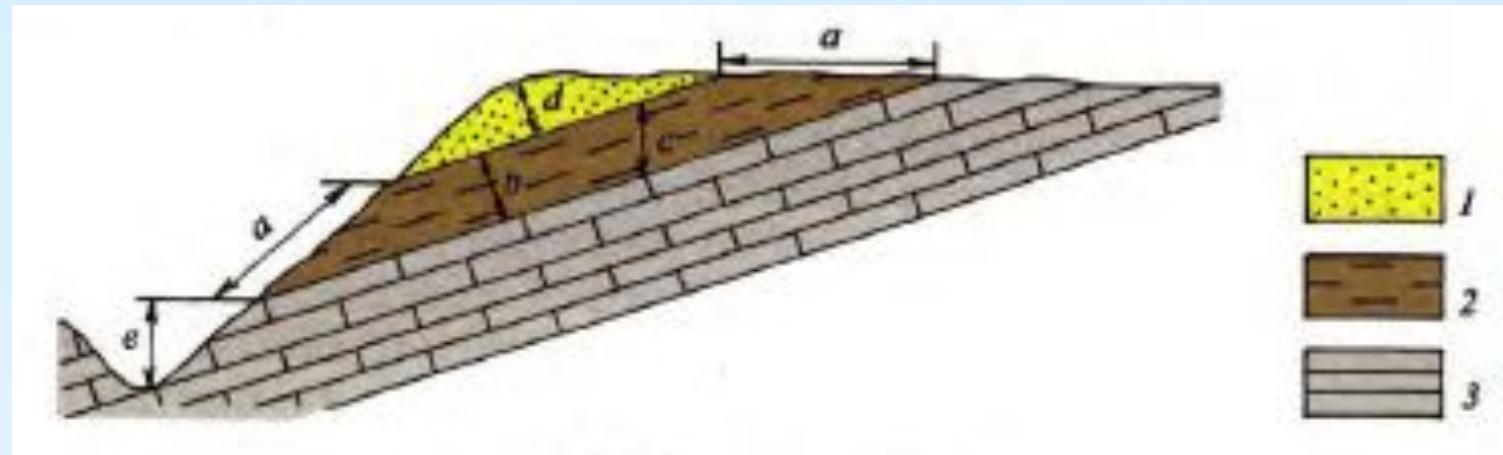
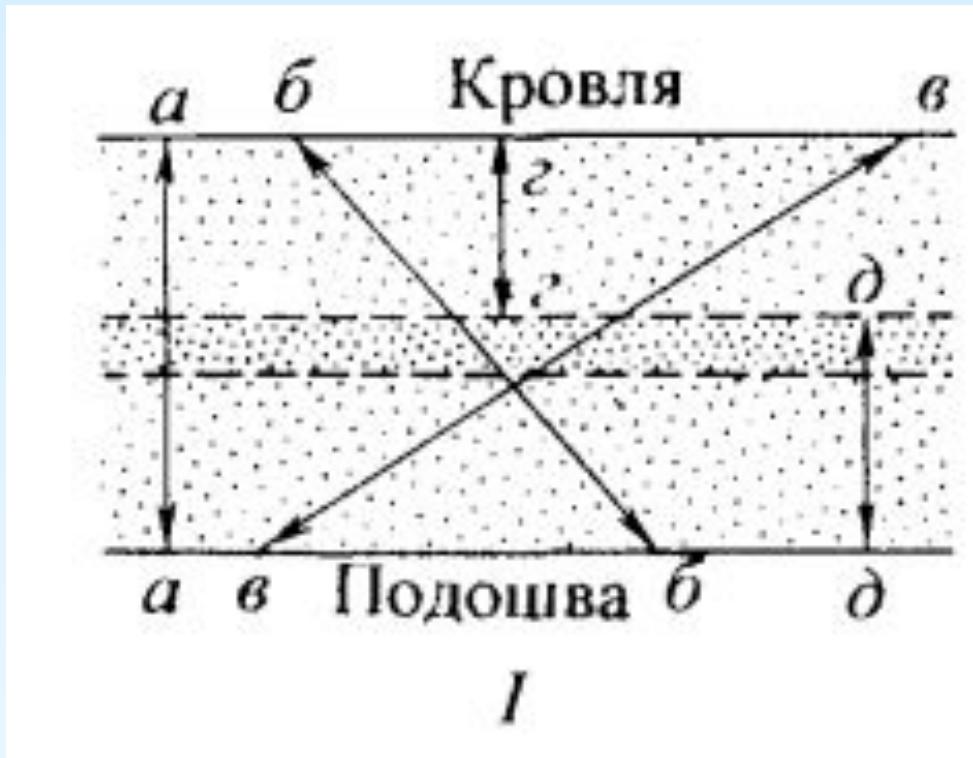
Основной формой залегания осадочных пород является **слой (пласт), линза**. Под **слоем** (следовательно, и под пластом) понимают геологическое тело плоской формы, по краям линзообразное, сложенное на всем протяжении одновозрастными горными породами и ограниченное двумя разновозрастными поверхностями наслоения, обособливающими его по каким-либо признакам от смежных (вышележащих и нижележащих) слоев. Т.е. это более или менее однородный, первично обособленный осадок (или горная порода), ограниченный поверхностями наслоения. Помимо термина «**слой**» в практике употребляется термин «**пласт**». Чаще последний применяется по отношению к полезным ископаемым, например к углю, известняку и т. д. Пласт может заключать в себе несколько слоев.

Однородность слоев может быть выражена в составе, окраске, текстурных признаках, присутствии одинаковых включений или окаменелостей. Когда говорят о слоистых толщах, обычно подразумевают их чередование. Смена одного слоя другим может быть резкой или постепенной. В последнем случае переход слоя к ниже- или вышележащему происходит при постепенном изменении однородности осадка или породы. Поверхности, разграничивающие слои или пласты, обычно бывают неровными. Они называются поверхностями наслоения. Верхняя из них — **кровля слоя**, а нижняя — **подошва**. Расстояние между кровлей и подошвой слоя (или пласта) характеризует его **толщину**.



Элементы строения слоя:

1 — глины; 2 — пески

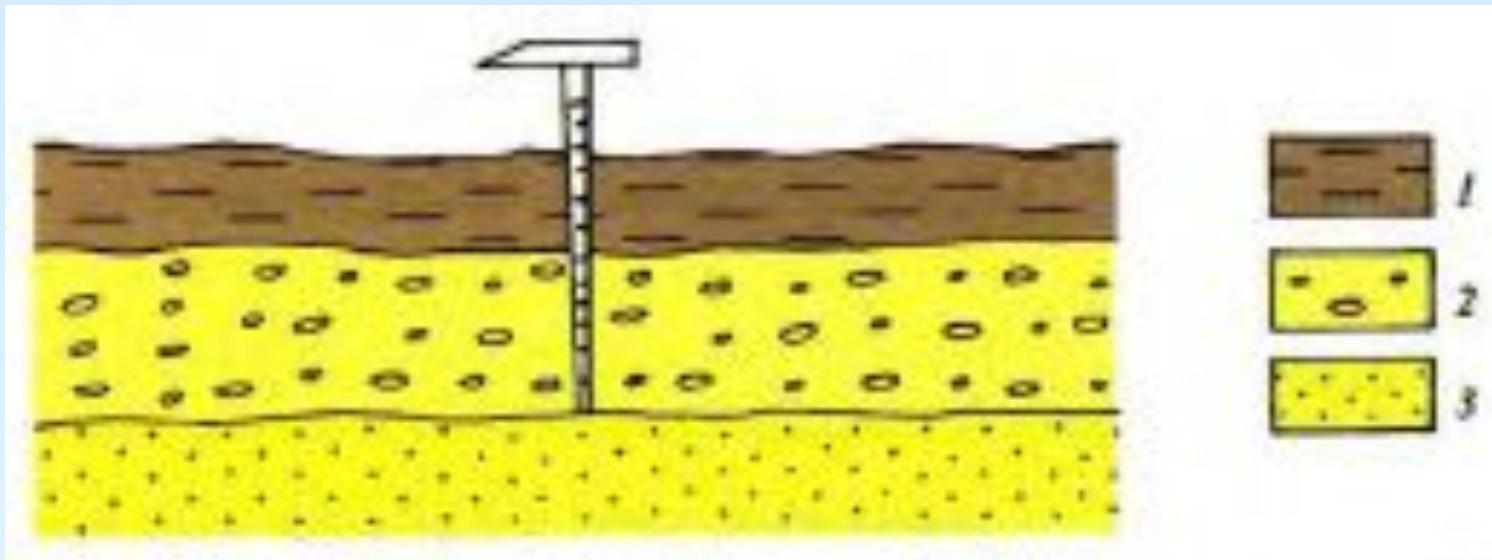


Виды толщин слоя:

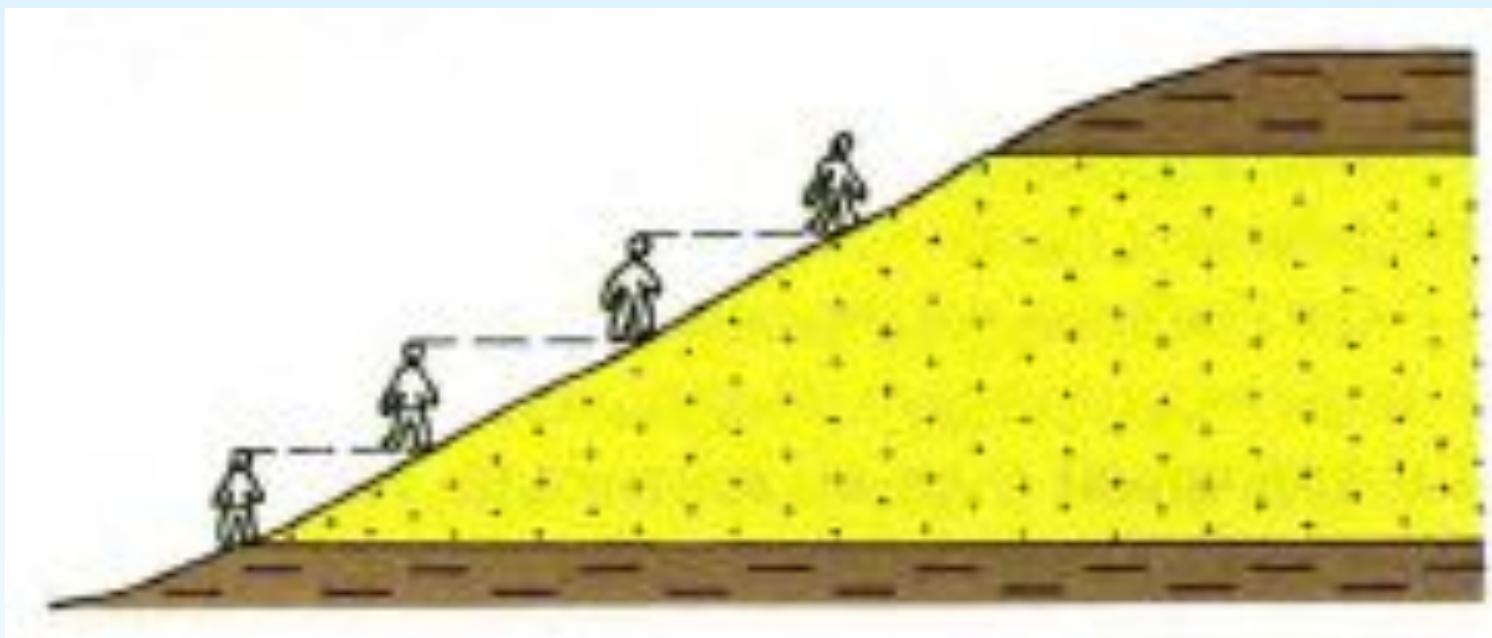
а - видимая; б - истинная; с - вертикальная; д, е - неполная. 1 - пески; 2 - глины; 3 - известняки

Толщина слоя и ее определение:

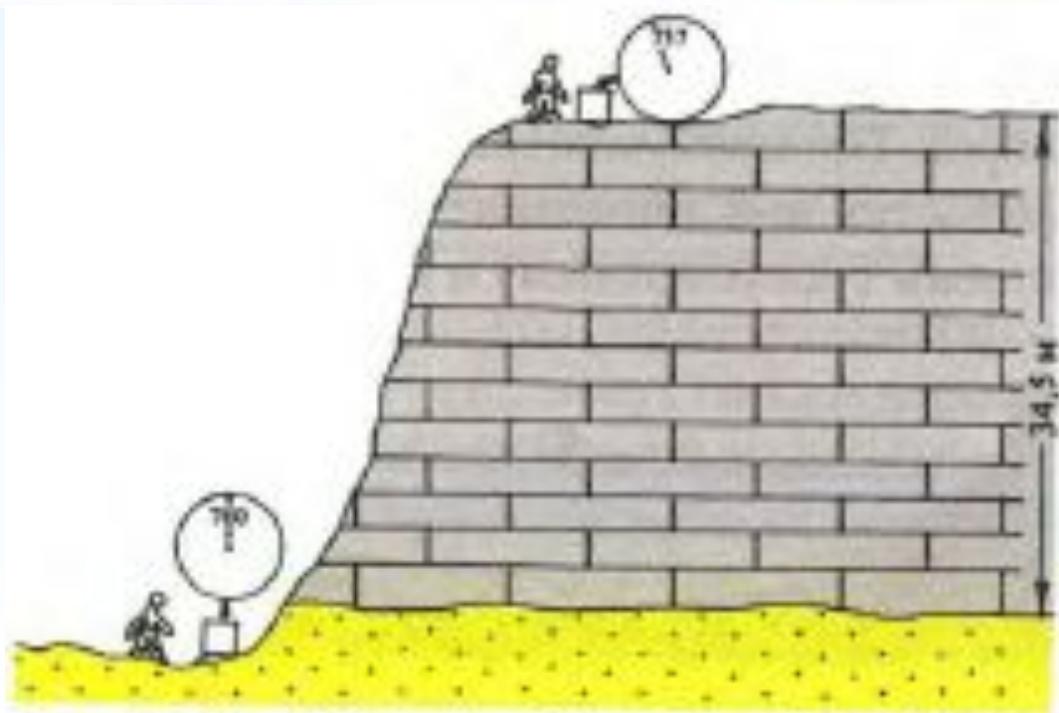
а-а — истинная; *б-б*, *в-в* — видимая;
г-г, *д-д* — неполная



Измерение полной (истинной) мощности слоя конгломератов (2) и неполной мощности слоя глин (3) с помощью рукоятки молотка:
 1 — глины; 2 — конгломераты; 3 — пески

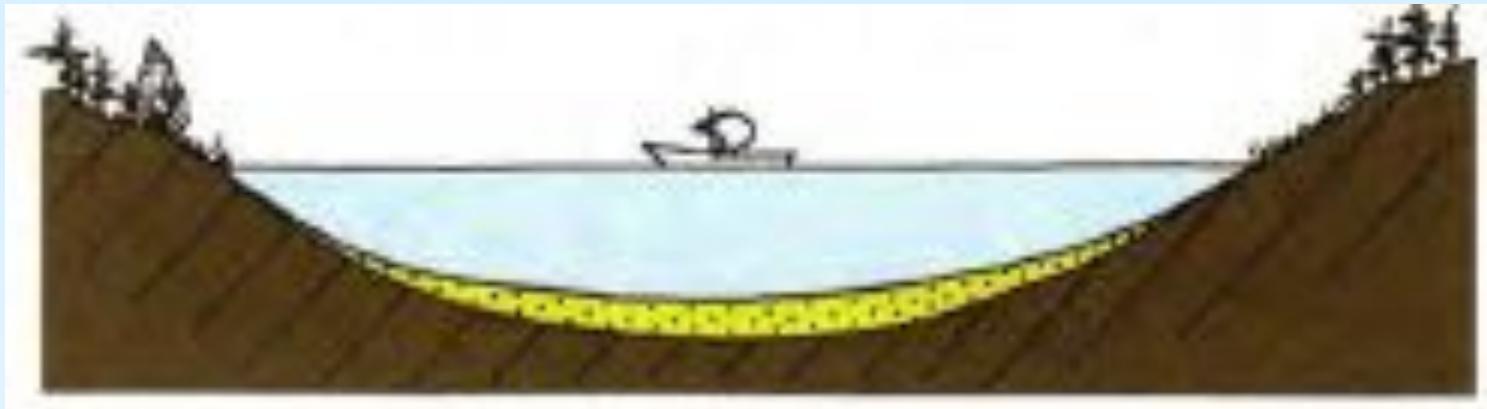


Измерение мощности путем визирования ростом на слой

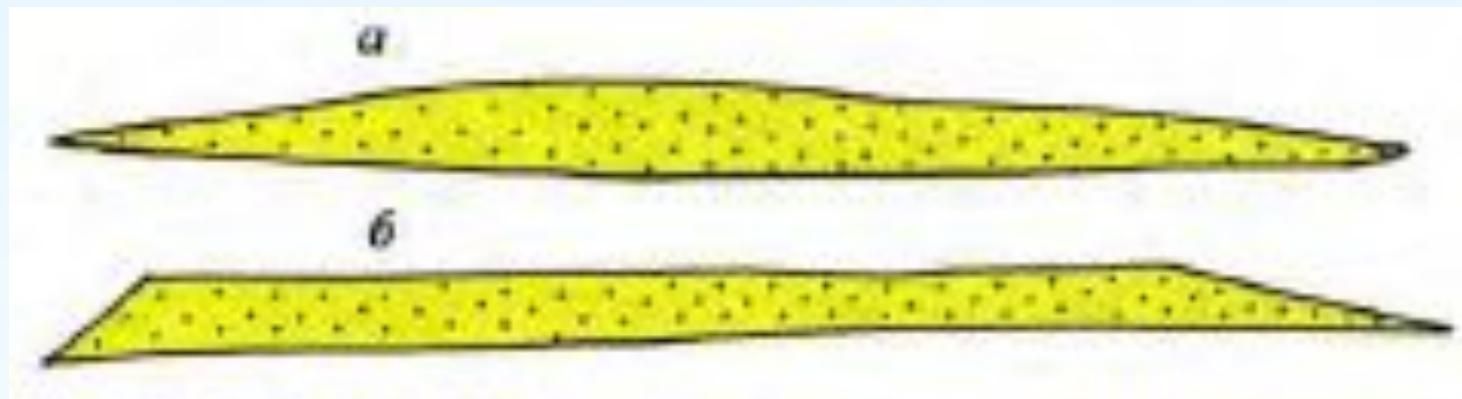


Измерение неполной мощности слоя известняков с помощью барометра-анероида

Процесс уменьшения мощности слоя до его полного исчезновения называется **выклиниванием**. Выклинивание слоя может быть медленным (постепенным) и резким (быстрым).

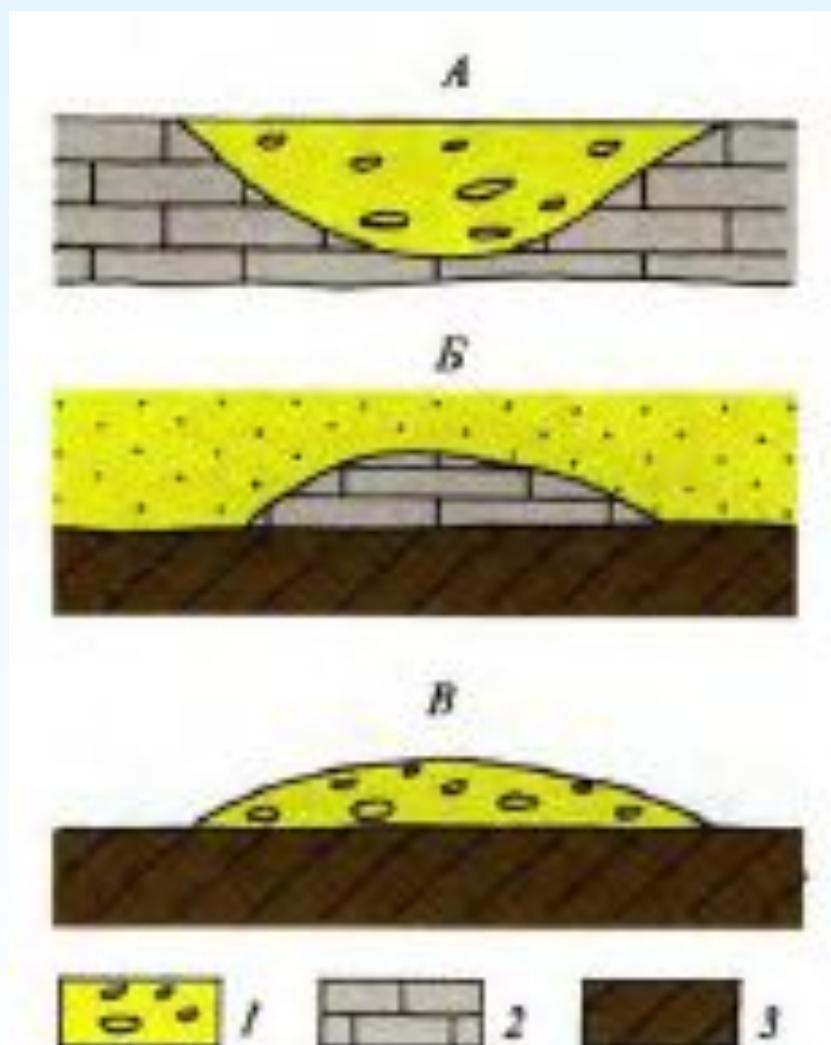
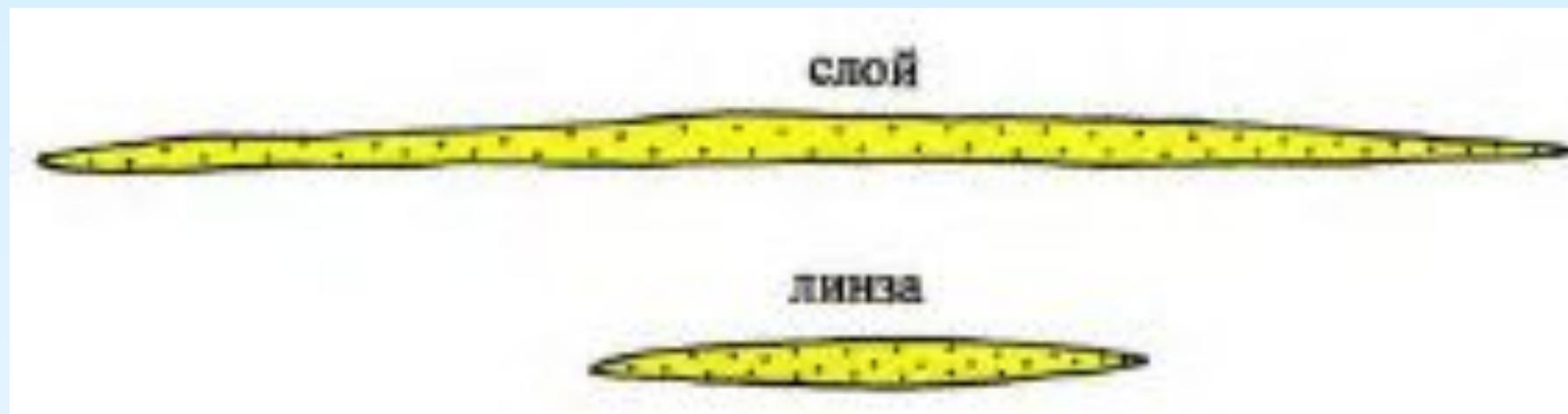


Область распространения слоя ограничивается площадью водоема, в котором этот слой образовался



Характер выклинивания слоя:
а — постепенное; б — резкое

Второй формой ненарушенного залегания горных пород (после слоев) являются **линзы**. Их отличие от слоев заключается в меньшей площади распространения и соотношениях между длиной и мощностью



Генетические типы линз:

А — линзы заполнения; Б, В — линзы нарастания:

Б — линза представлена биогермой,

В — конусом выноса временного водного потока.

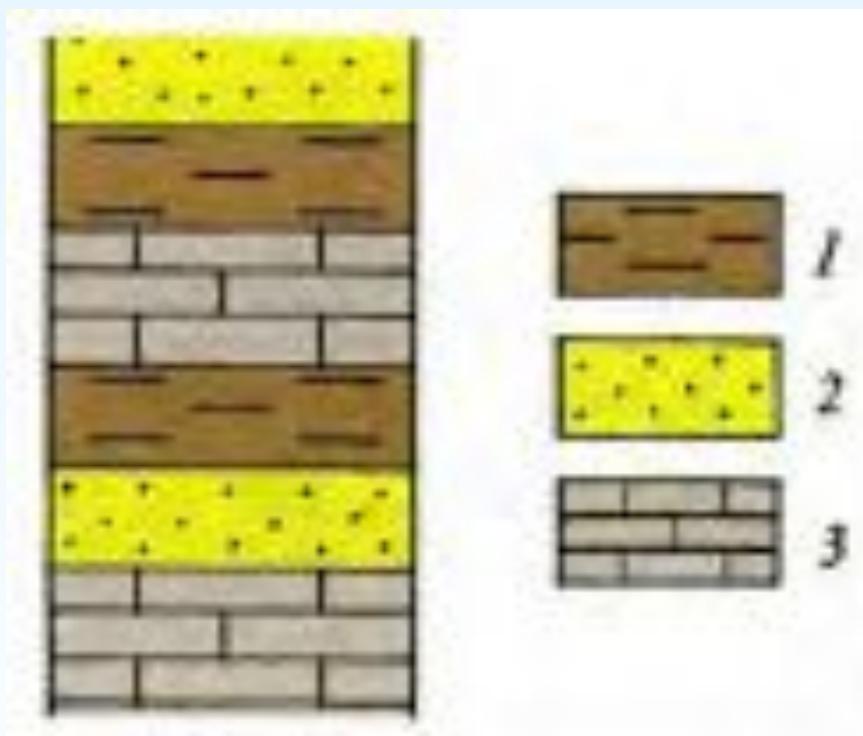
1 — обломочный материал; 2 — органогенные известняки;

3 — породы основания

В природе обычно встречается сочетание слоев или слоев и линз, которое принято называть **слоистостью**. Возникновение слоистости, т. е. образование разных по составу, структурно-текстурным и другим особенностям слоев горных пород, связано с изменением условий осадконакопления. Это приводит к тому, что перестает формироваться ранее существовавший слой и над ним начинает образовываться новый. Это может быть связано как с изменением физико-географических условий в области осадконакопления, так и в области денудации (разрушения).

Среди морфологических типов слоистости выделяют: параллельную, косую, волнистую, линзовидную.

Параллельная слоистость. Наиболее часто встречающимся морфологическим типом слоистости является параллельная. При ней, как можно понять из названия, подошва и кровля слоев параллельны.



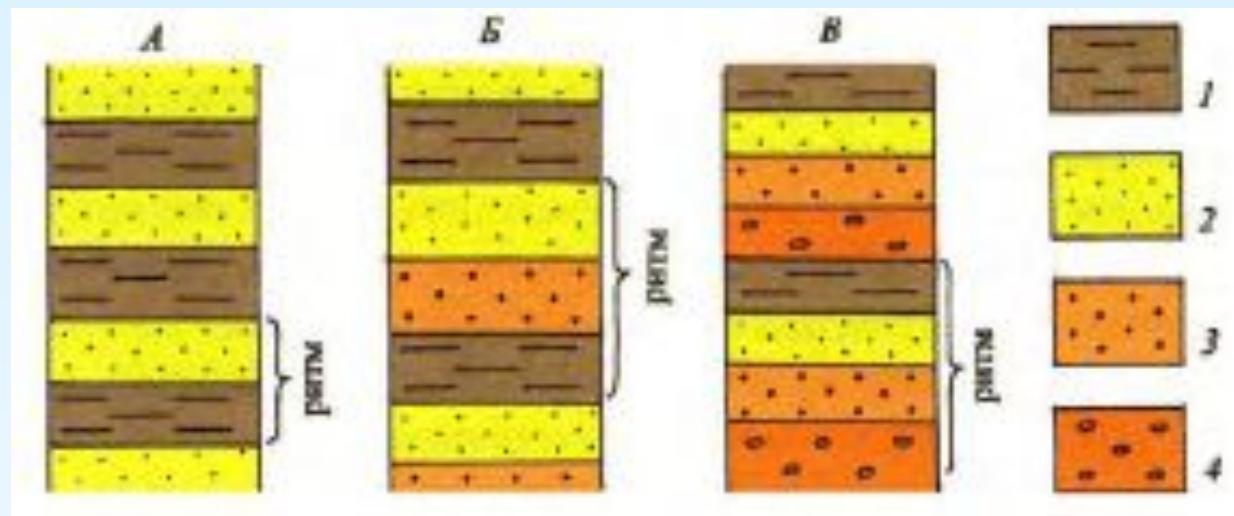
А. Неупорядоченная параллельная слоистость, при которой нет закономерности в чередовании слоев разного состава

Неупорядоченная слоистость:

Упорядоченная слоистость, при которой наблюдается определенная закономерность в чередовании слоев разного состава.

Типичным ее представителем является ритмичная слоистость или флиш.

Флиш — это ассоциация осадочных горных пород с параллельной ритмичной слоистостью. По составу слагающих его слоев выделяют терригенный, терригенно-карбонатный и карбонатный флиш.



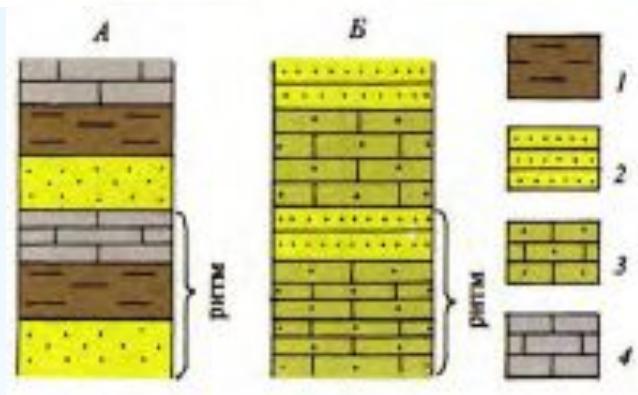
Терригенный флиш:

А — двухкомпонентный;

Б — трехкомпонентный;

В — четырехкомпонентный.

1 — глины; 2 — алевролиты; 3 — пески; 4 — гравелиты



Карбонатно-терригенный флиш:

А — трехкомпонентный глинисто-

карбонатный, Б — двухкомпонентный песчано-

карбонатный.

1 — глины; 2 — песчаник; 3 — песчаный известняк;

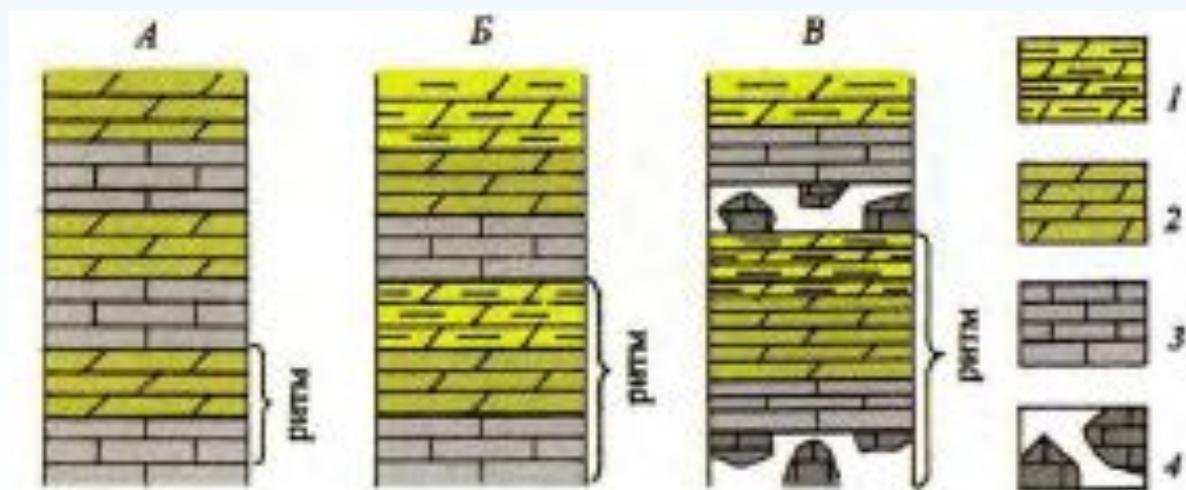
Карбонатный флиш:

А — двухкомпонентный;

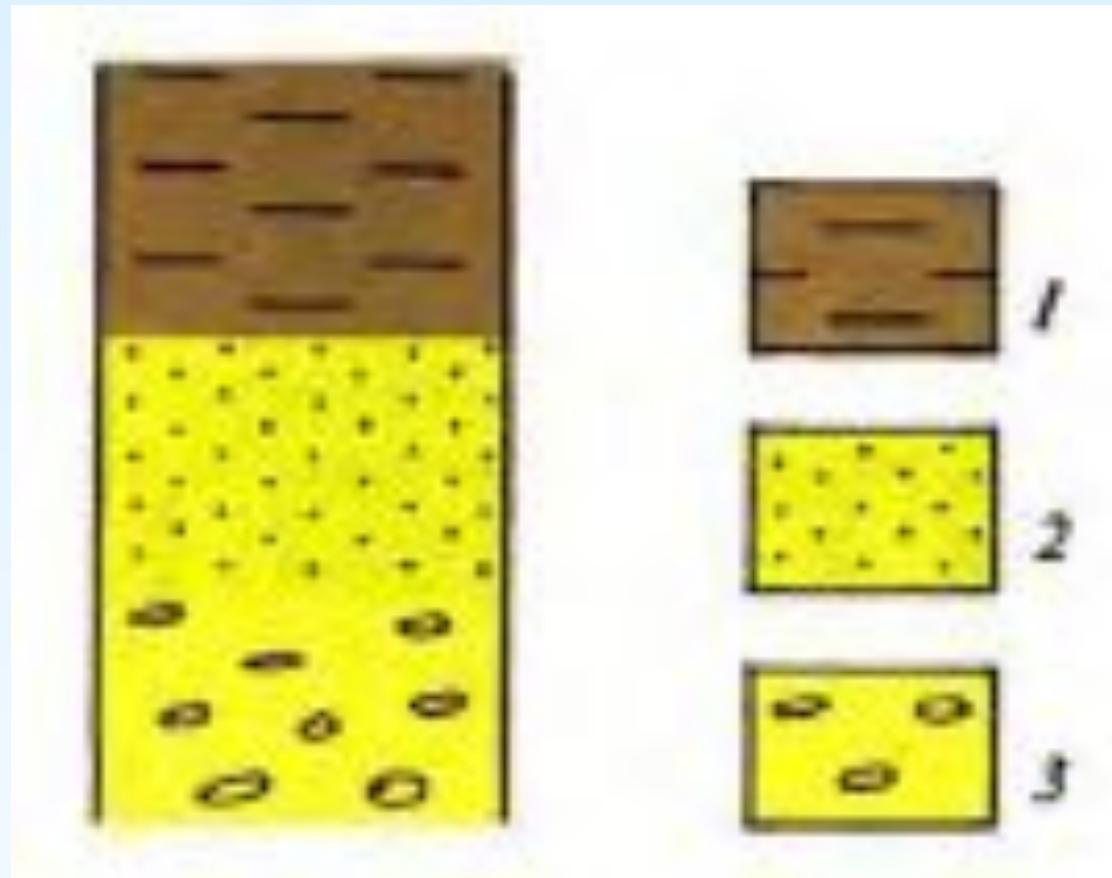
Б — трехкомпонентный;

В — четырехкомпонентный.

1 — глинистые доломиты; 2 — доломиты; 3 — известняки; 4 — известняковые брекчии



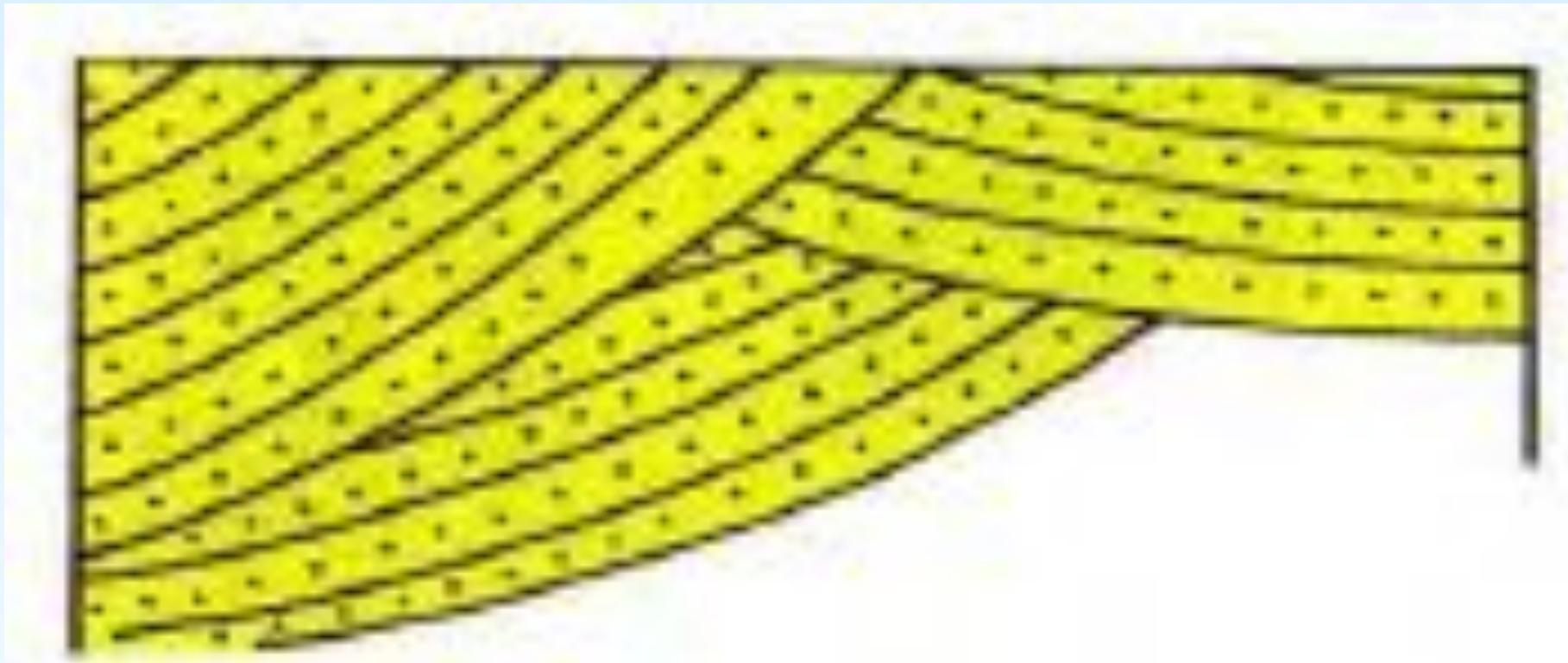
К разновидности упорядоченной слоистости относится **градационная слоистость**, которая обусловлена не относительно быстрыми периодическими изменениями условий осадконакопления, а постепенной направленной сменой условий осадконакопления. В этом случае границы между слагающими ритмами будут постепенными.



Градационная слоистость:

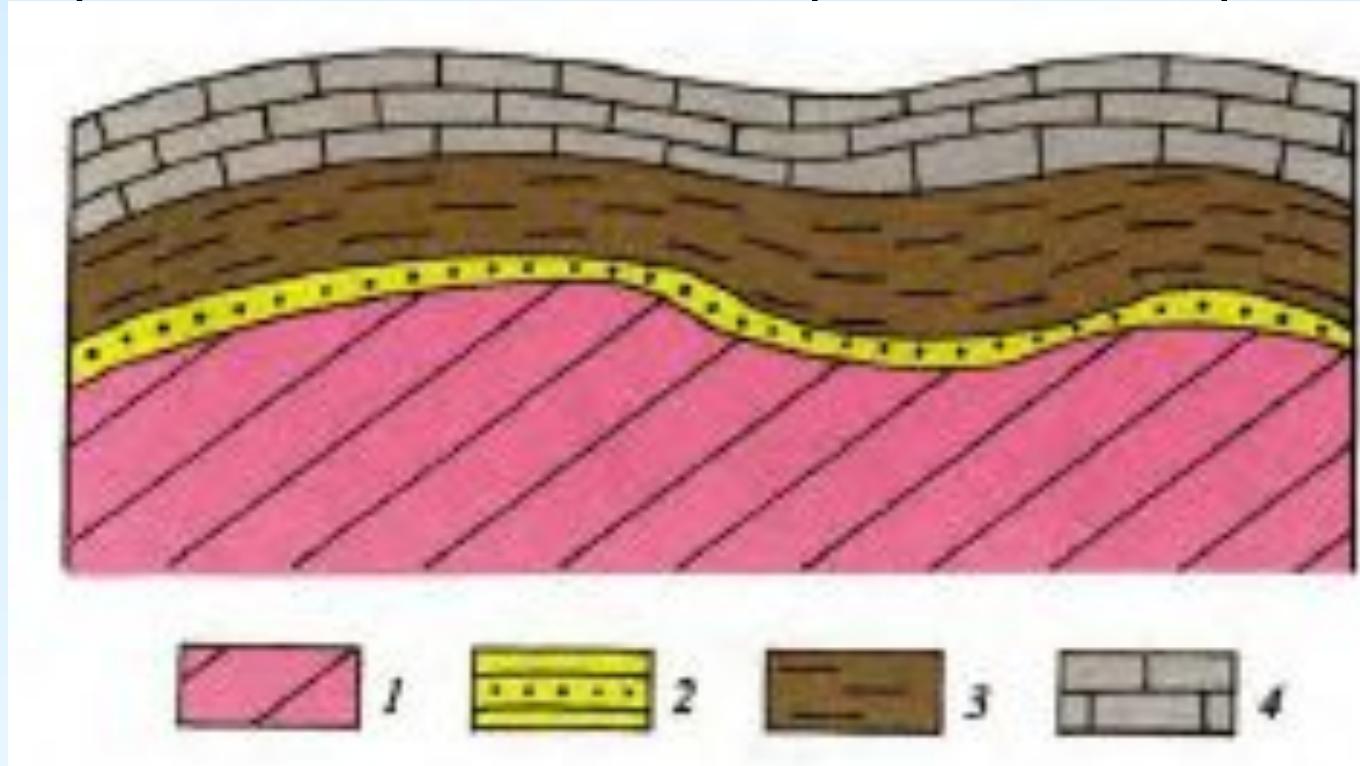
1 — глины; 2 — пески; 3 — конгломераты

Косая слоистость. Особенностью косой слоистости является расположение в разрезе отдельных групп слоев под углом друг к другу. Такой тип часто встречается в аллювиальных, эоловых, флювиогляциальных отложениях.



Косая слоистость. Пачки слоев располагаются под углом друг к другу

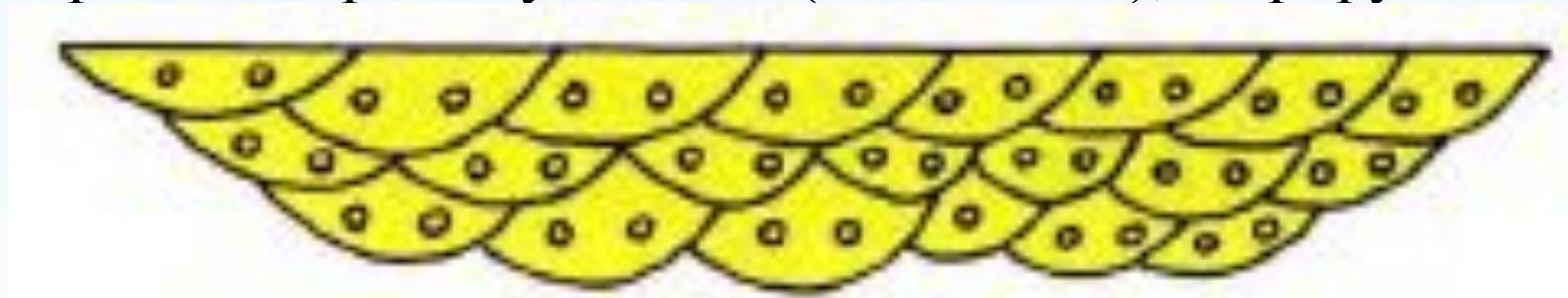
Волнистая слоистость. Она характеризуется синхронными волнообразными изгибами кровли и подошвы слоя. Типична для прибрежно-морских отложений, когда в процессе осадконакопления материал облекает плавные неровности поверхности осадконакопления



Волнистая слоистость, обусловленная неровной поверхностью бассейна осадконакопления:

1 — породы основания; 2 — пески; 3 — глины; 4 — известняк

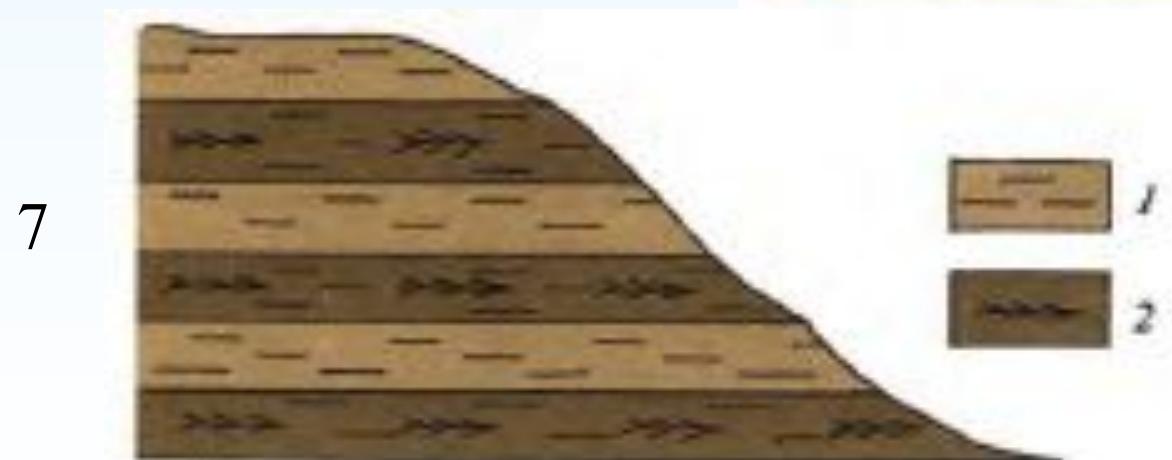
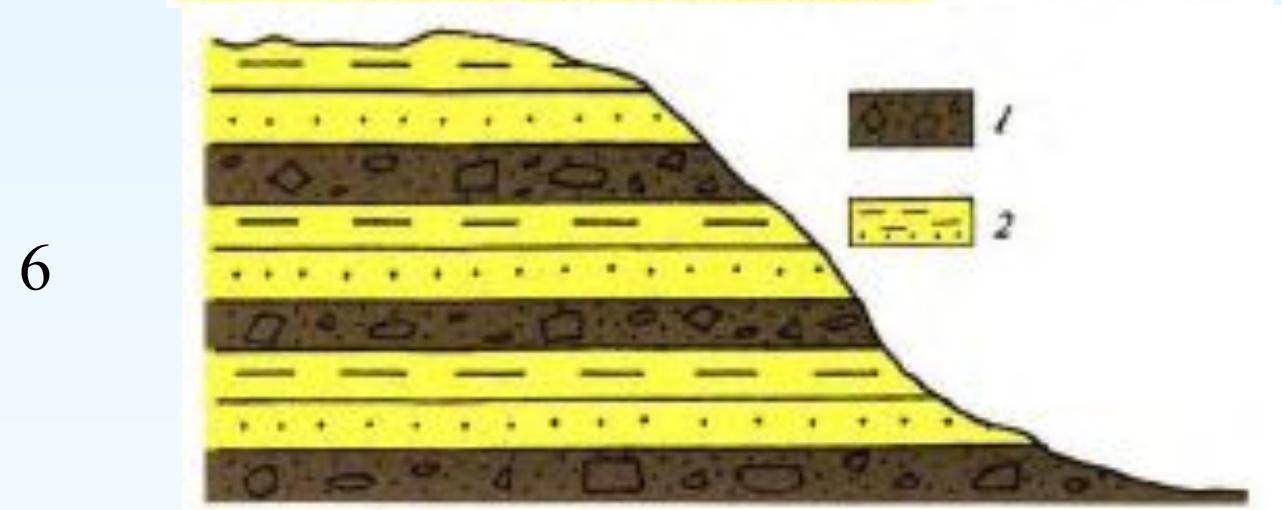
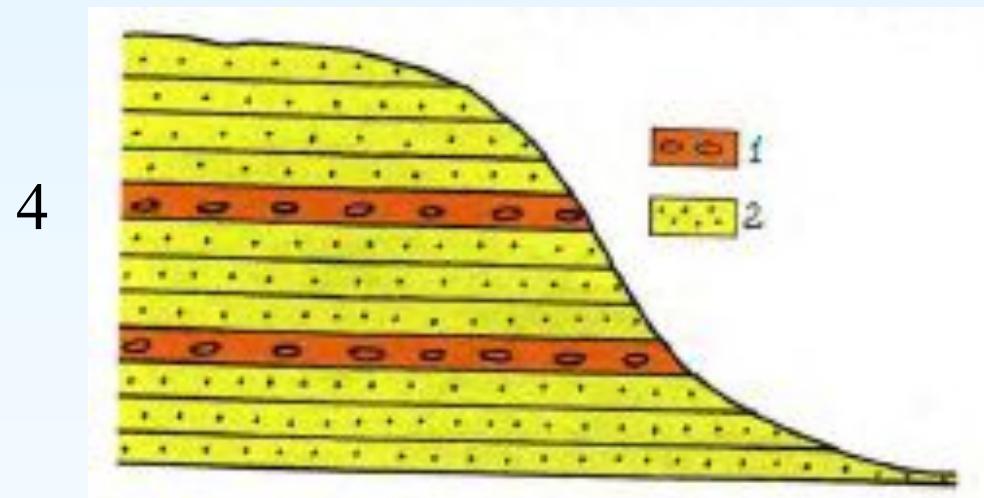
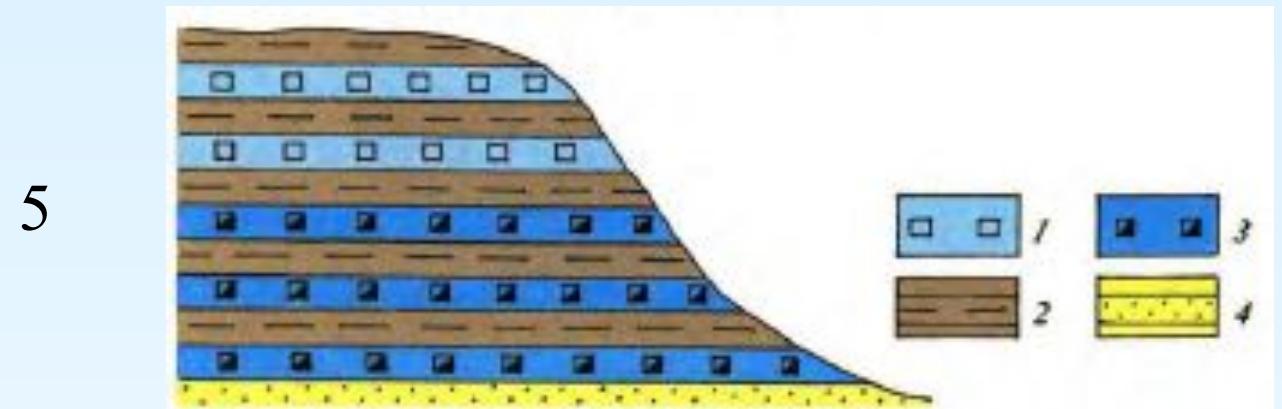
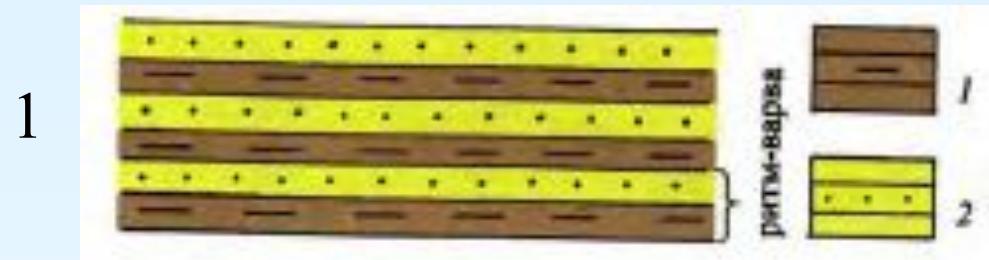
Линзовидная слоистость. Представляет собой сочетание линз. Данный тип слоистости образуется в прибрежно-морских условиях (зона пляжа), в прирусловых речных отмелях.



Линзовидная слоистость

В зависимости от того, какие факторы влияют на изменение условий осадконакопления, выделяют мутационную и миграционную слоистость.

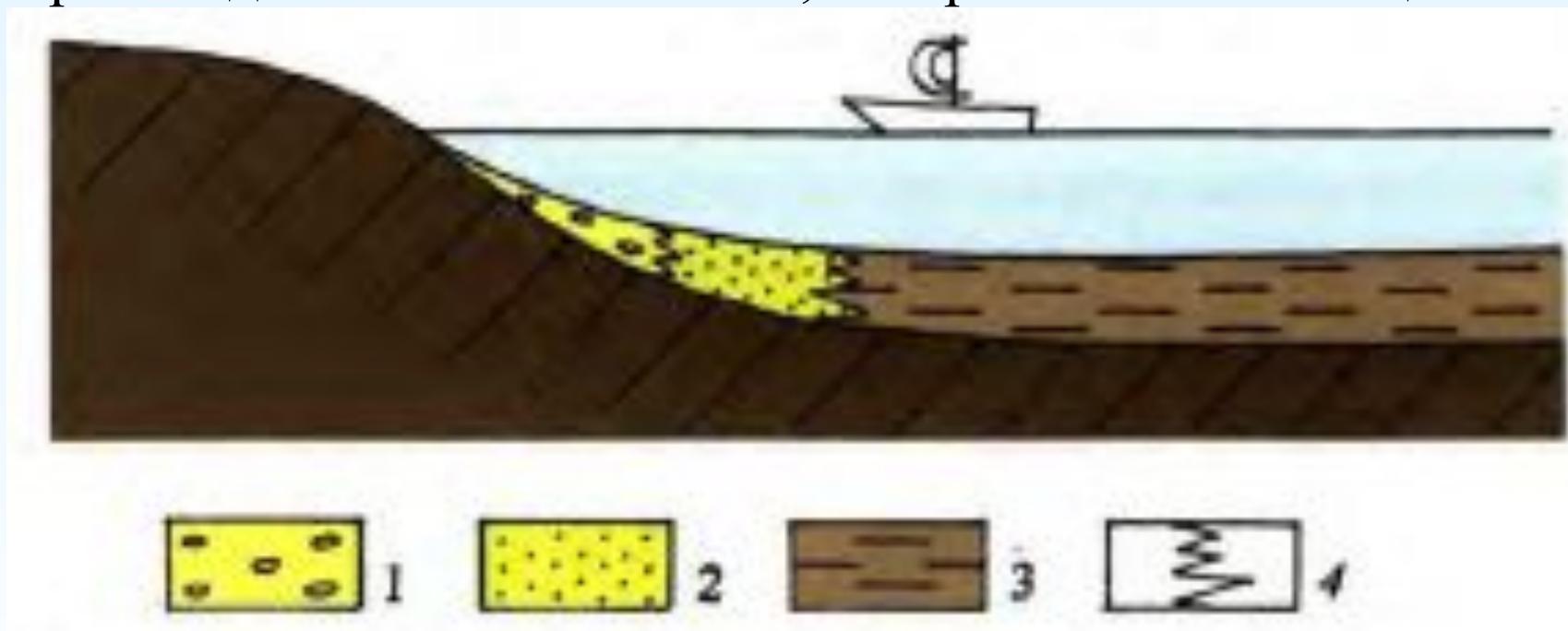
Мутационная слоистость обусловлена изменением поверхностных (экзогенных) условий осадконакопления. В частности, в роли таких факторов, определяющих изменение условий осадконакопления, могут выступать следующие: 1. Изменения климата; 2. Морские течения; 3. Мутьевые или суспензионные потоки; 4. Периодические штормы; 5. Изменение химического состава морской воды; 6. Пульсационная подача воды; 7. Изменение органической жизни.



Причина **миграционной слоистости** — тектонические движения, которые приводят к трансгрессии (наступлению) или регрессии (отступлению) моря. В результате таких движений изменяется глубина осадконакопления и соответственно условия образования пород, что выражается в образовании слоев разного состава.

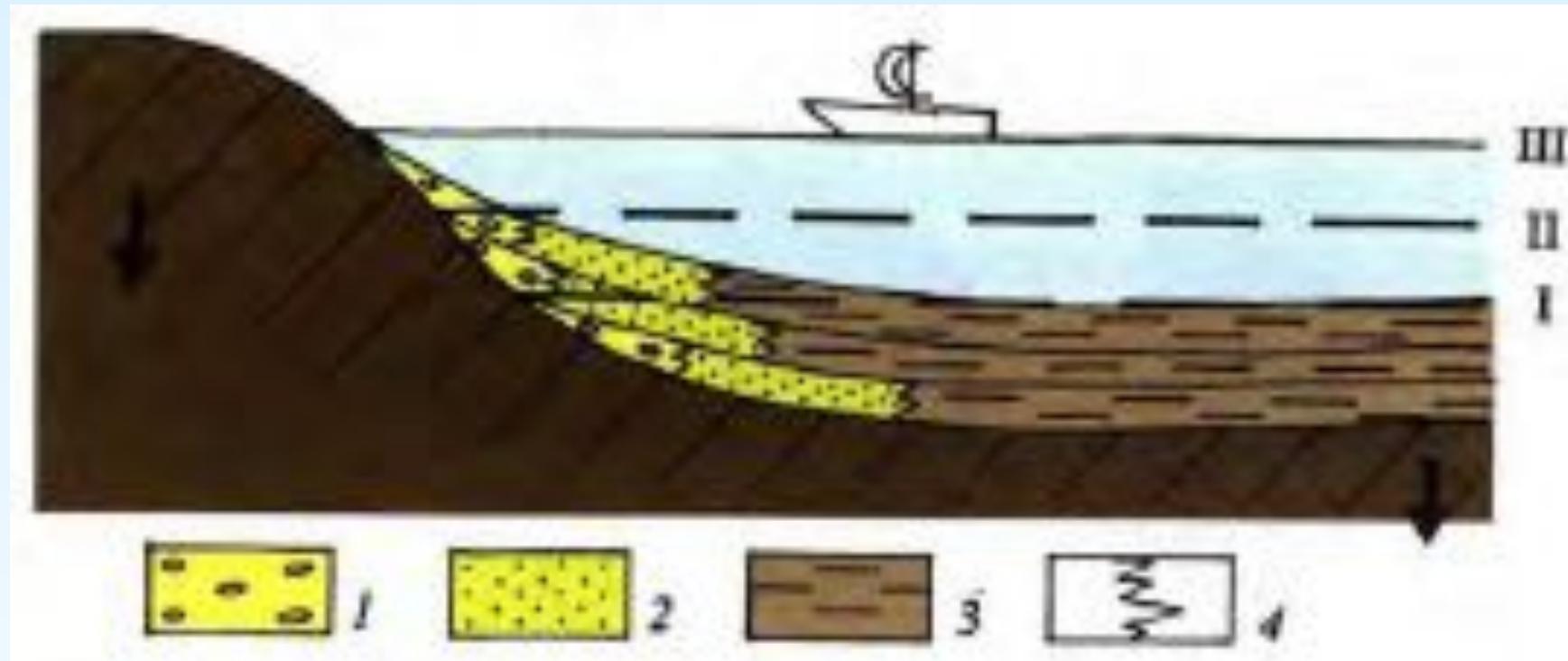
Закономерности формирования осадочных толщ при миграционной слоистости подчиняются **закону Головкинского-Иностранцева** (за рубежом этот закон получил название закона Вальтера).

Первое положение закона Головкинского-Иностранцева гласит о том, что в бассейне осадконакопления наблюдается закономерное изменение состава осадочных горных пород по мере удаления от береговой линии. В течение определенного времени вблизи от береговой линии накапливаются грубообломочные породы (галечники, гравелиты), с удалением от нее происходит их смена песками, алевритами и наконец глинами



Зависимость состава осадков от удаленности области осадконакопления от береговой линии:
1 — конгломераты; 2 — пески; 3 — глины; 4 — границы между фациями (разными по составу осадками)

Второе положение закона Головкинского-Иностранцева гласит о том, что трансгрессии и регрессии моря, связанные с опусканием и подъемом морского дна приводят к образованию слоистости. Это связано с тем, что глубина бассейна в конкретной точке меняется, а следовательно, меняется и состав накапливающихся осадков. Изменение же состава осадочного материала приводит к тому, что над существующем слоем начинает формироваться новый слой другого состава.

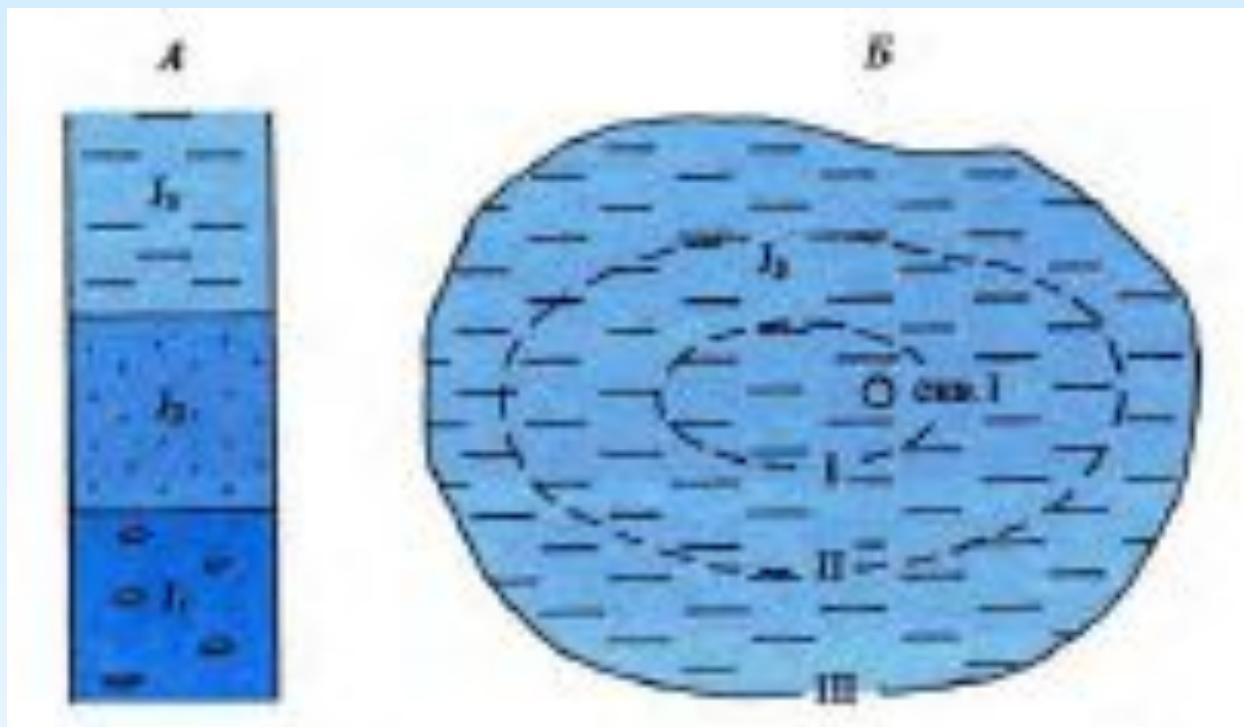


Образование слоистой толщи:

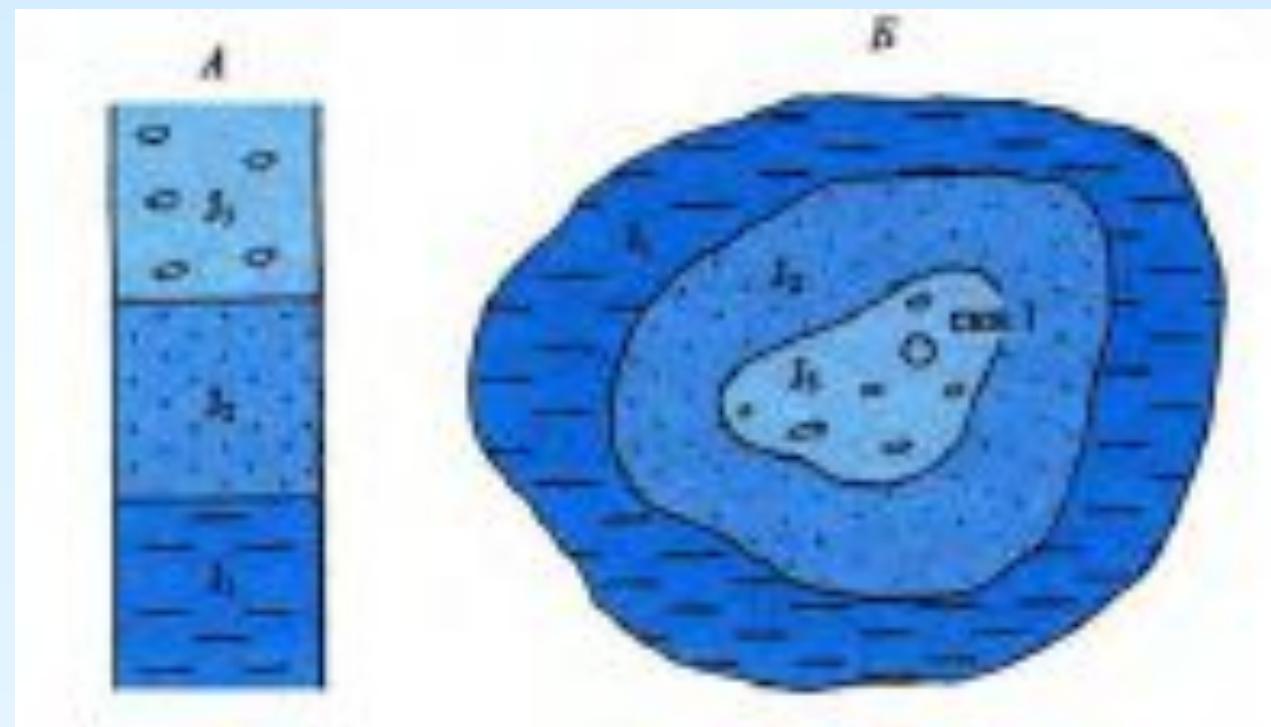
I — уровень воды в бассейне осадконакопления на момент образования нижнего стратиграфического горизонта; II — уровень воды в бассейне осадконакопления на момент образования среднего стратиграфического горизонта; III — уровень воды в бассейне осадконакопления на момент образования верхнего стратиграфического горизонта.

Состав осадков:

1 — конгломераты; 2 — пески; 3 — глины; 4 — границы между фациями (разными осадками внутри слоя)

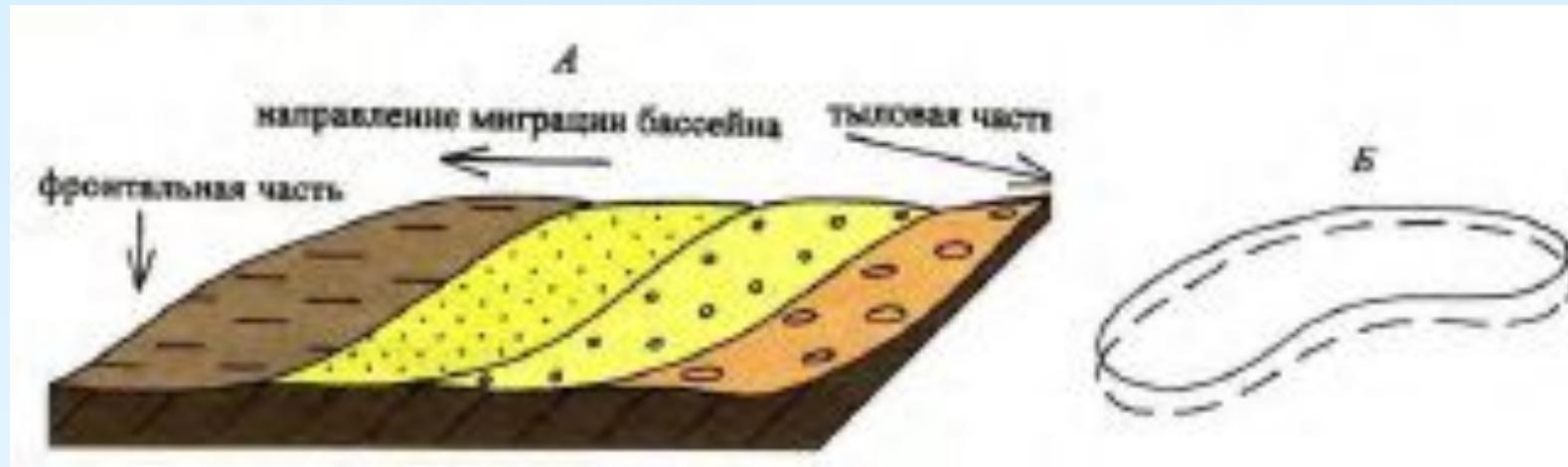


Трансгрессивное взаимоотношение слоев:
 А — в разрезе; Б — по площади. I —
 граница распространения самых древних
 пород; II — граница распространения
 пород среднего возраста; III — граница
 распространения самых молодых пород



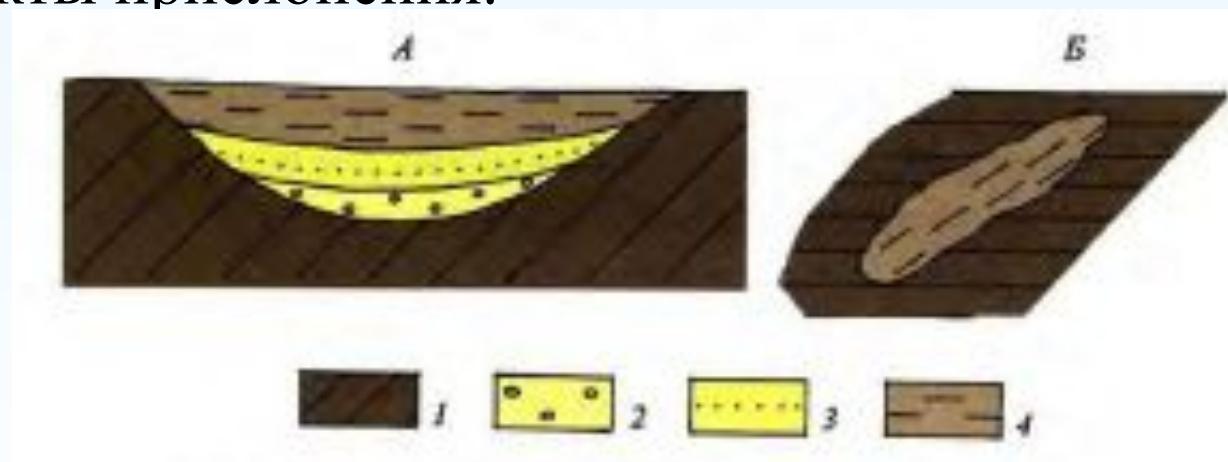
Регрессивное взаимоотношение слоев:
 А — в разрезе; Б — в плане

Миграционное взаимоотношение слоистых толщ. Тектонические движения могут приводить не только к расширению площади осадконакопления (трансгрессия) или ее уменьшению (регрессия), но и ее смещению, без значительного изменения площади. В частности, такие явления отмечаются для миграции береговой линии озера Балхаш.



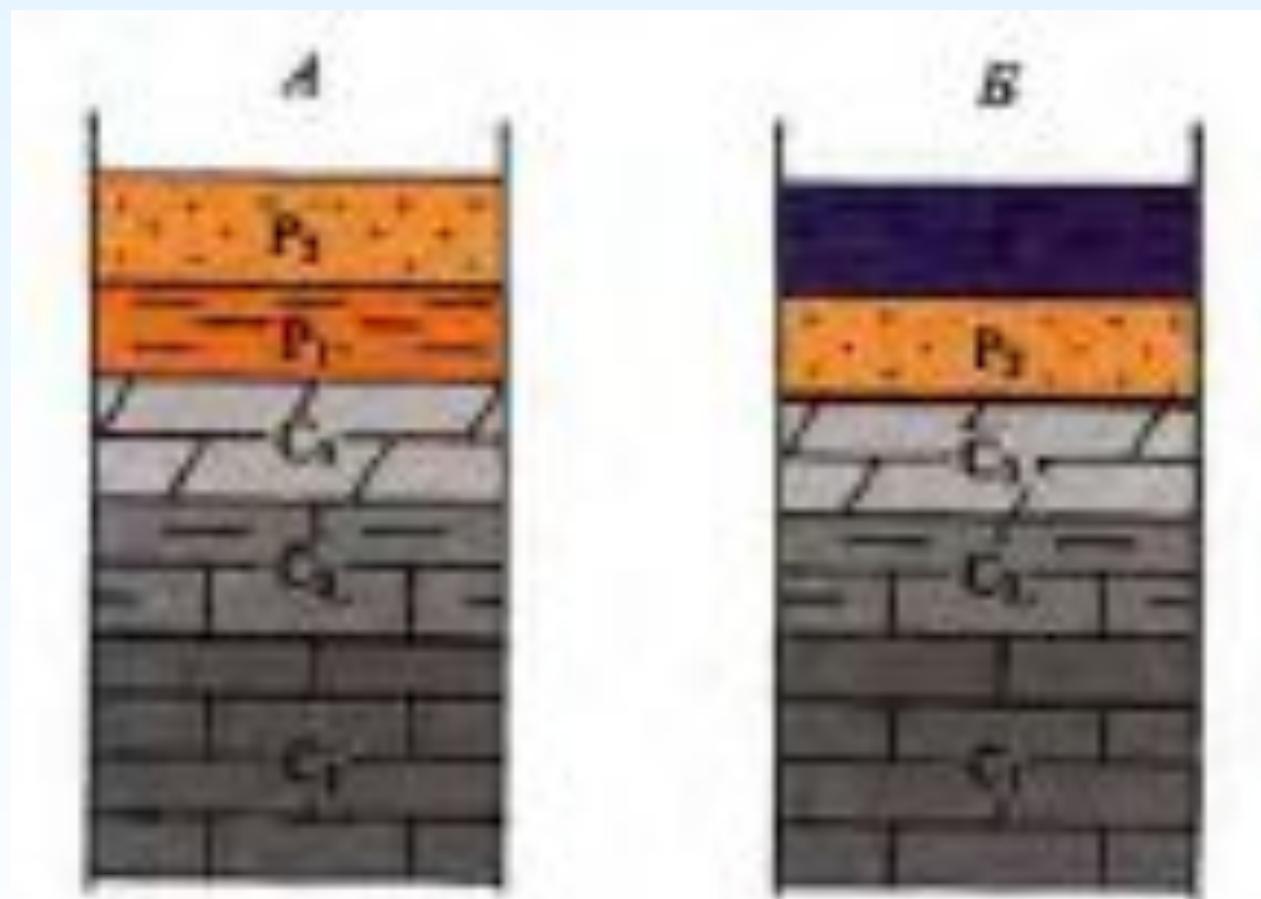
Миграционное взаимоотношение слоев озера Балхаш: А — в разрезе; Б — в плане

Ингрессивное взаимоотношение слоистых толщ. **Ингрессия** — это наступление моря на устьевую часть речной долины. Она представляет собой начальную стадию трансгрессии и обусловлена прогибанием устьевой части рек, впадающих в моря. При ингрессивном залегании слои имеют линзовидную форму, они как бы вложены в более древние породы, также характерны контакты прислонения.

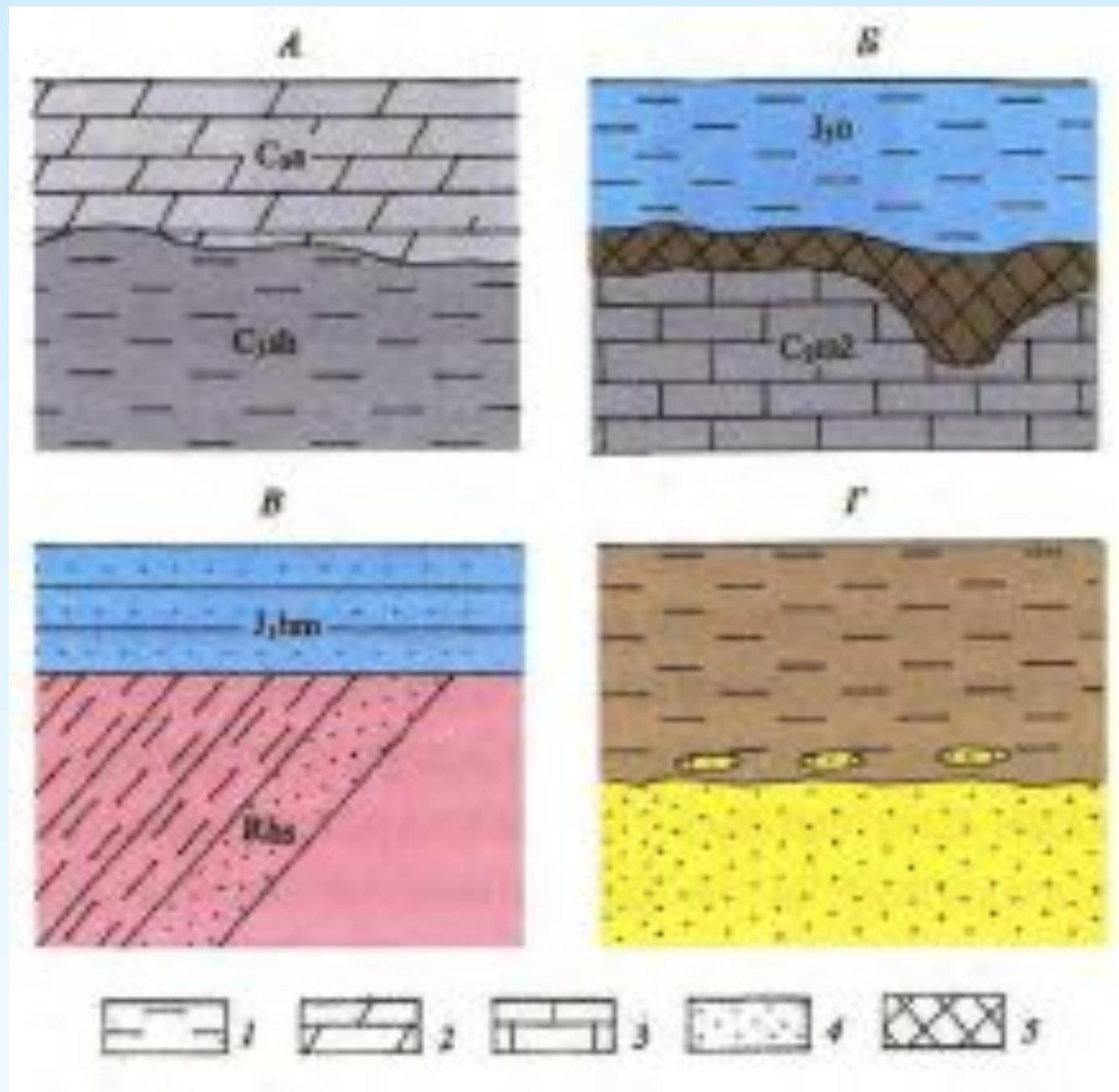


Ингрессивное взаимоотношение слоев: А — в разрезе; Б — в плане. 1 — породы основания; 2 — конгломераты; 3 — пески; 4 — глины

Трансгрессивное, регрессивное, миграционное и ингрессивное взаимоотношения слоев характеризуют соотношения слоев определенной возрастной последовательности по площади их распространения (молодые или древние имеют большую площадь распространения) и по составу (какого возраста слои представлены мелко- или грубообломочным материалом, что указывает на глубинность их образования). Кроме такой характеристики взаимоотношений между слоями в слоистых толщах часто необходимо знать, выдерживается ли их временная последовательность, т. е. не отсутствуют ли в разрезе слои определенного возраста. Если слои в геологическом разрезе расположены в строгой возрастной последовательности, то говорят о **согласном залегании слоев**, если в разрезе отсутствует слой какого-то возраста, то говорят о **несогласном залегании слоев**.



Согласное (А) и несогласное (Б)
взаимоотношение слоев



Признаки несогласного взаимоотношения слоев:

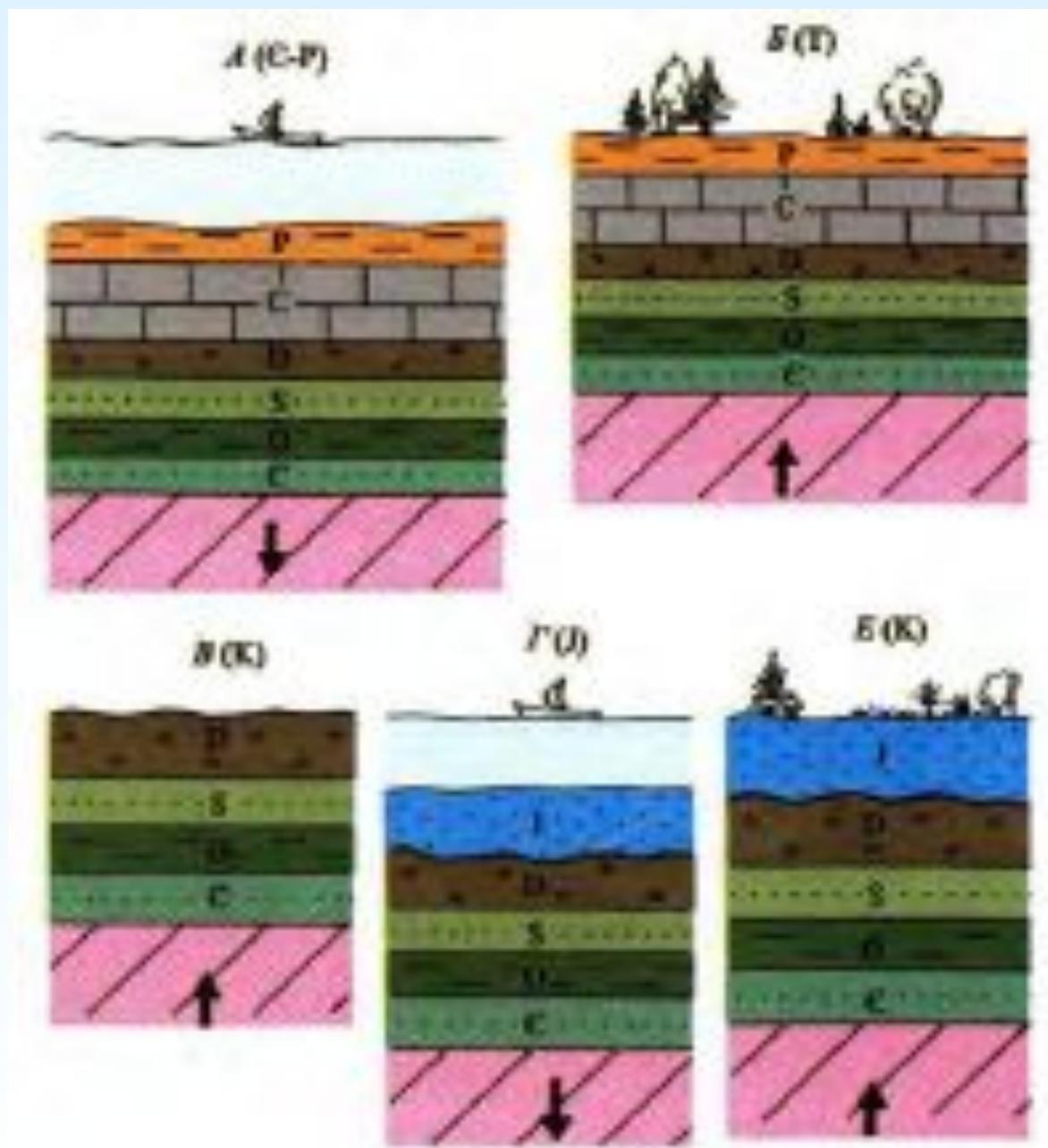
А — неровности поверхностей несогласия; Б — кора выветривания; В — различия в углах наклона слоев; Г — наличие базальных конгломератов.

1 — глины; 2 — доломиты; 3 — известняки; 4 — пески; 5 — кора выветривания

Наличие несогласий (нарушения нормальной временной последовательности залегания слоев) может быть обусловлено двумя причинами.

1. Перерывом в осадконакоплении, когда слои не образовывались, а только разрушались. Такие несогласия стали называть **стратиграфическими**.

2. Тектоническими движениями, которые надвигают блоки горных пород друг на друга и существовавшая ранее временная последовательность слоев нарушается. Такие несогласия называли **тектоническими**.



Механизм образования стратиграфических несогласий:

А — прогибание территории, превращение ее в морской бассейн и образование слоев;

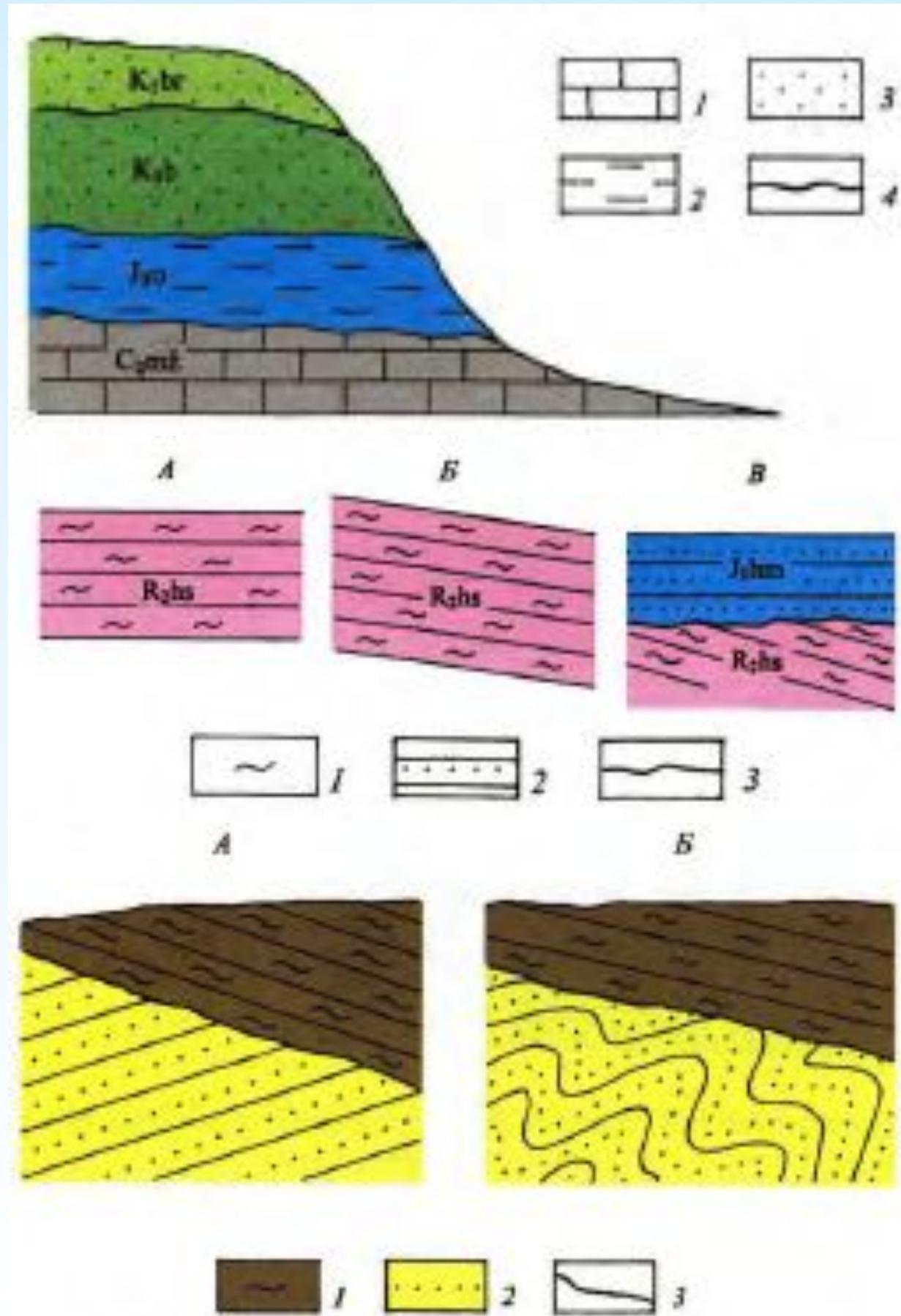
Б — поднятие территории, превращение ее в сушу;

В — в условиях суши разрушение ранее образовавшихся слоев;

Г — прогибание территории, наступление моря, возобновление осадконакопления;

Д — снова превращение территории в сушу, доступную для изучения возникшего стратиграфического несогласия между отложениями девона и юры

По взаимному расположению несогласно залегающих слоев выделяют три вида стратиграфических несогласий: **параллельное, угловое, азимутальное (структурное)**



Серия параллельных стратиграфических несогласий в геологических разрезах

Схема образования угловых несогласий:

А — образование горизонтальных слоев; Б — наклон слоев в результате тектонических движений; В — отложение на поверхности наклонных слоев горизонтально залегающих слоев. 1 — сланцы; 2 — пески; 3 — поверхность несогласия

Азимутальные (структурные) несогласия:

Тектонические несогласия, как и стратиграфические, обусловлены тектоническими движениями. Только в случае стратиграфических несогласий осуществляются в основном вертикальные движения, что приводит к выводу территорий из области осадконакопления и прекращению формирования пород на ее поверхности. При образовании тектонических несогласий главную роль играют горизонтальные перемещения блоков горных пород по пологим разрывным нарушениям (надвигам и тектоническим покровам).

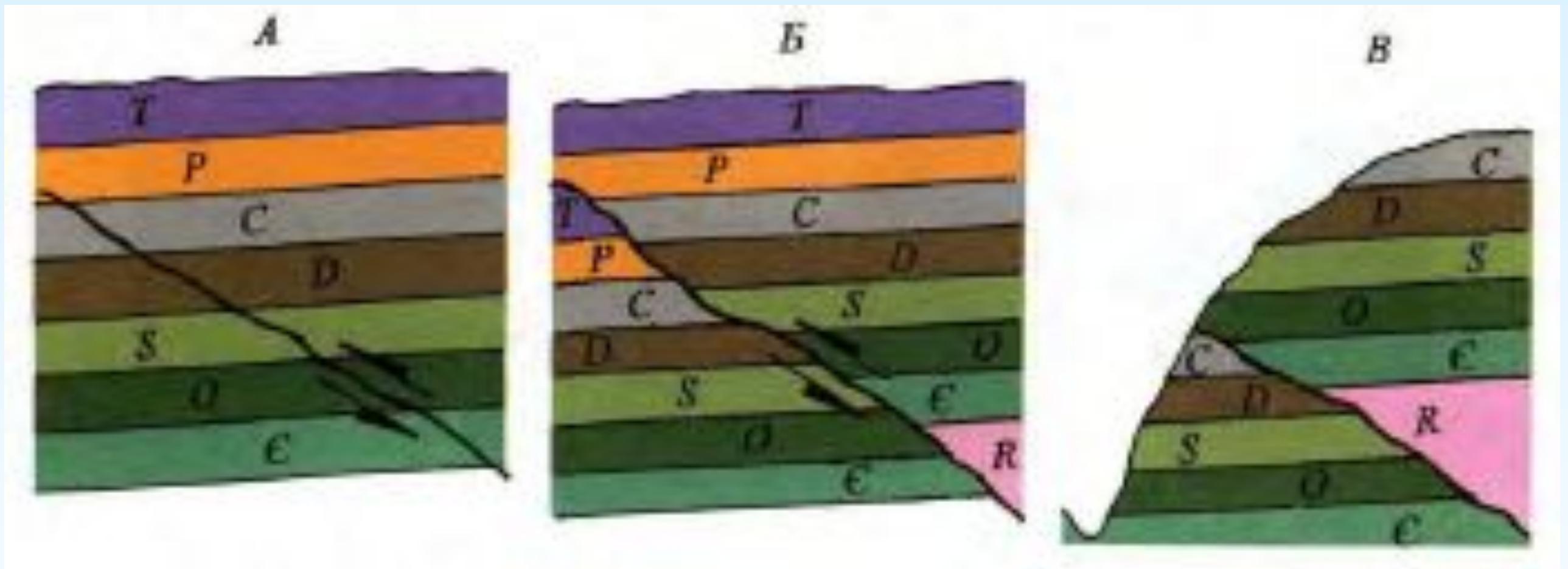
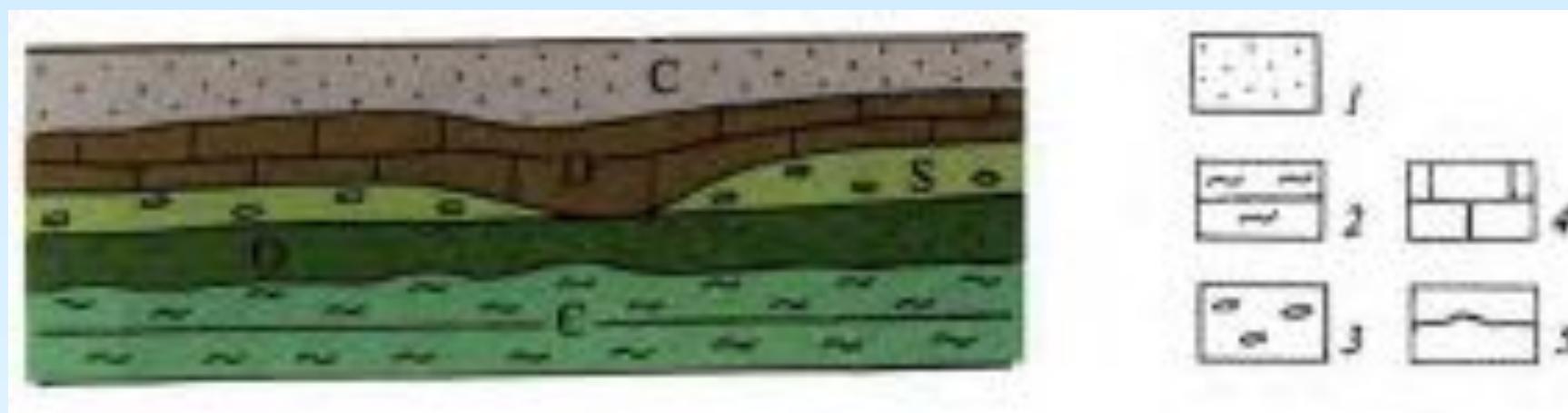


Схема образования тектонических несогласий:

А — образование разрывных нарушений; Б — смещение по разрывным нарушениям блоков горных пород; В — выход поверхности несогласия на дневную поверхность благодаря денудационным процессам

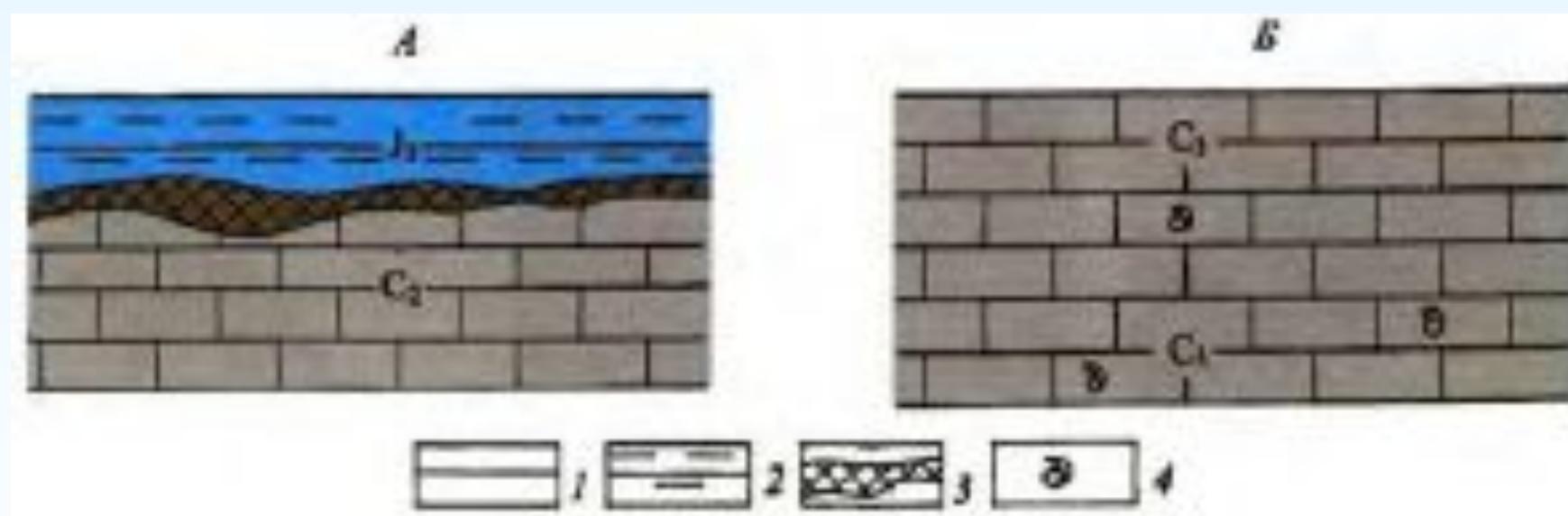
По масштабу проявления несогласия делятся на региональные и местные (локальные).



В центре местное стратиграфическое несогласие между песчаниками (O) и известняками (D):

1 — песчаник; 2 — сланцы; 3 — конгломераты; 4 — известняки; 5 — поверхность несогласия

По степени проявления несогласия делятся на явные (четкие) и скрытые.



Несогласия:

A — явные; B — скрытые. 1 — известняки; 2 — глины; 3 — кора выветривания; 4 — фауна

Пликативные дислокации.

Элементы складок.

Дизъюнктивные дислокации.

Слоистость является главным и достаточным признаком осадочных пород, поскольку обусловлена их генезисом. Она образуется как реакция на изменение условий образования (углубления или обмеления бассейна осадконакопления).

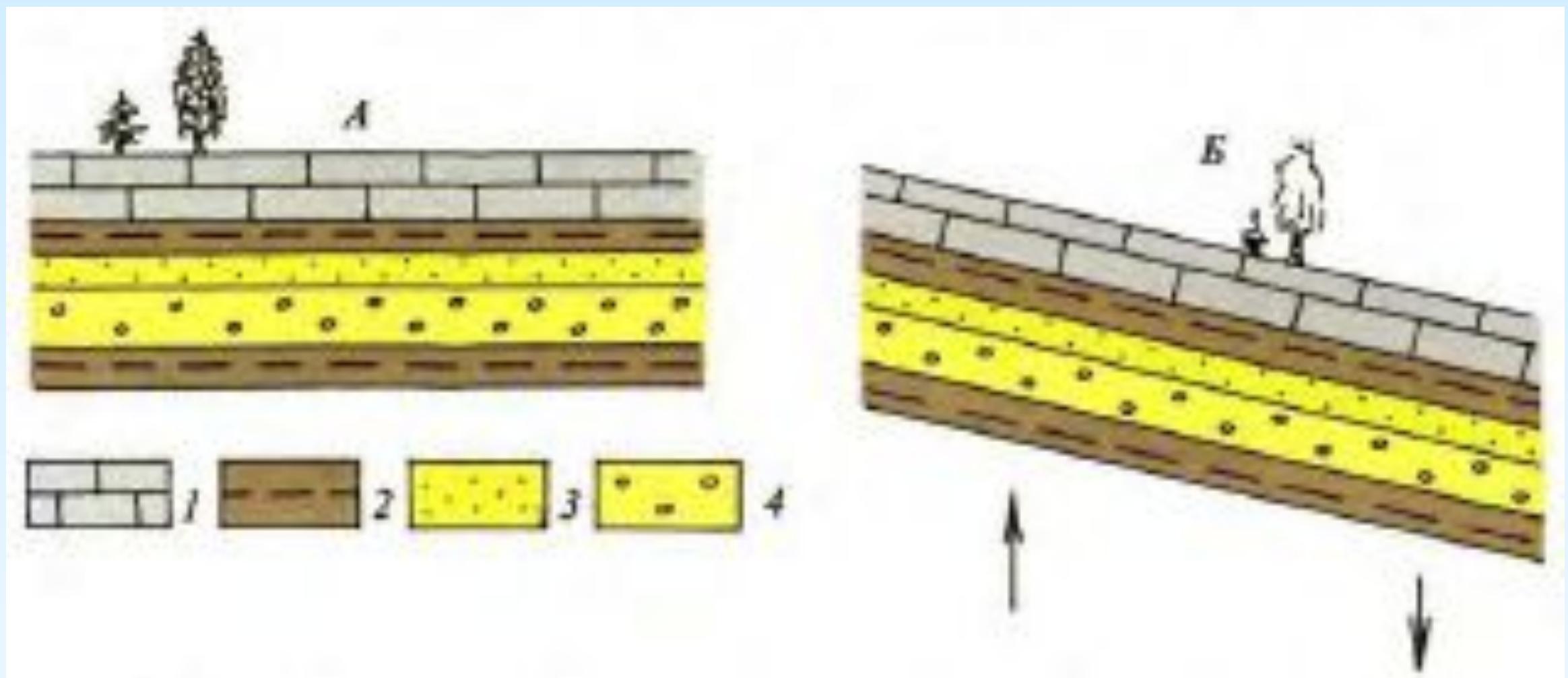
При **горизонтальном залегании** слоев их границы (подошва и кровля) располагаются горизонтально. По существу, подошву или кровлю слоя можно сравнить с условными, отстоящими друг от друга по вертикали на определенном расстоянии, горизонтальными поверхностями, которыми делаются срезы рельефа и следы от пересечения которых с рельефом получили название горизонталей.

В природе строго горизонтальное залегание встречается редко, чаще всего слои имеют небольшой наклон (от минут до 1-2 градусов), в этом случае говорят о **субгоризонтальном залегании**. При горизонтальном залегании слоев возвышенные части рельефа будут сложены молодыми породами, а пониженные — древними.

Кроме первичного ненарушенного горизонтального залегания пород, образующегося в процессе осадконакопления, в природе наблюдаются **тектонически нарушенные формы залегания слоев**, которые делятся на три типа: наклонное, складчатое, или так называемое пликативное, и разрывное, или дизъюнктивное.

Нередко горизонтально залегающие, наклонные или складчатые формы залегания слоев осложняются разрывными нарушениями.

В случае, когда слои наклонены в какую-либо сторону, говорят об их **наклонном залегании**. Оно относится к нарушенному типу залегания осадочных пород, так как первоначальное их положение в пространстве (горизонтальное) нарушилось и слои приобрели наклон. Наклонное положение слои приобретают в результате дифференцированных тектонических движений, когда разные участки слоистой толщи испытывают неодинаковые по амплитуде вертикальные движения.



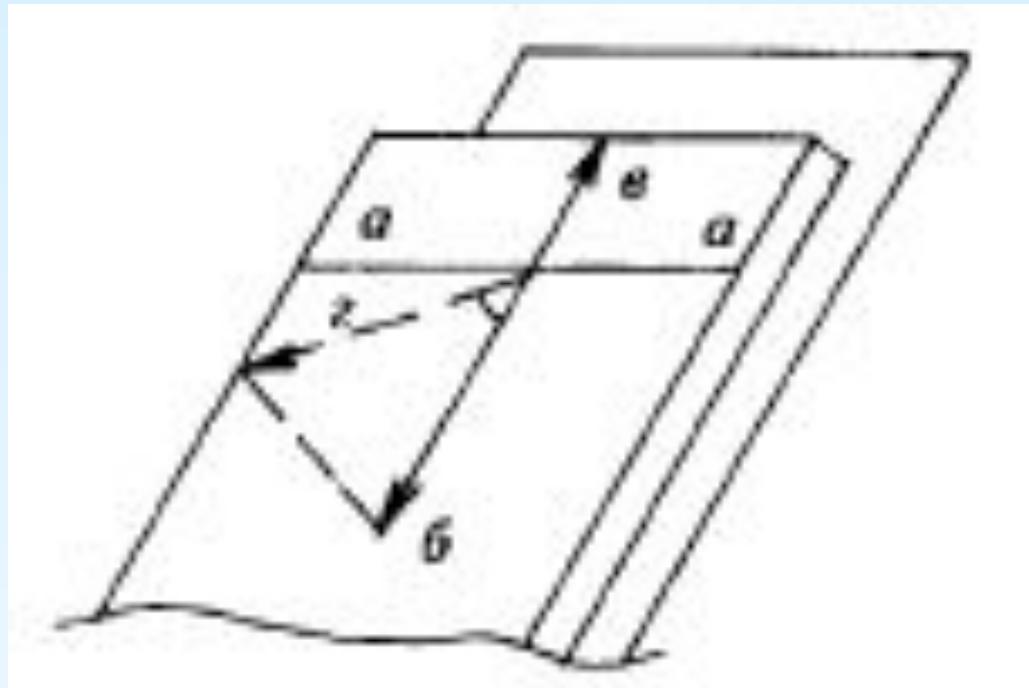
Механизм образования наклонного залегания слоев:

А — первоначальное горизонтальное залегание слоев:

Б — наклонное залегание как результат дифференцированных тектонических движений.

1 — известняки; 2 — глины; 3 — пески; 4 — конгломераты

Наклонное залегание слоев описывается элементами залегания, по которым однозначно определяется их положение в пространстве. К элементам залегания относятся: **азимут простирания, азимут и угол падения слоя.** Для определения элементов залегания необходимо установить положение **линий простирания, падения и восстания**

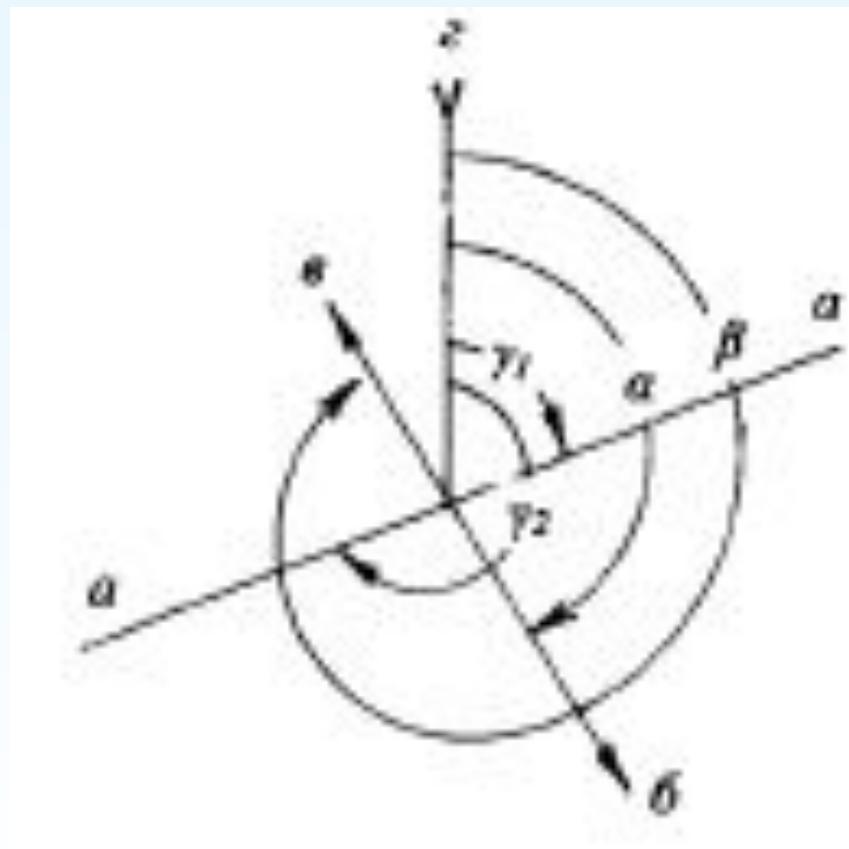


Основные линии слоя:

а - линия простирания; б - линия падения;

в - линия восстания;

г — проекция линии падения на горизонтальную плоскость



Элементы залегания слоя:

γ_1 и γ_2 — два значения азимута простирания;

α - азимут падения; β — азимут восстания;

а — линия простирания;

б — проекция линии падения на горизонтальную плоскость;

в - проекция линии восстания на горизонтальную плоскость;

г — географический меридиан

Простирание — это протяженность слоя на горизонтальной поверхности Земли. Оно определяется ориентировкой линии простирания.

Линия простирания — горизонтальная линия на поверхности слоя, или, другими словами, пересечение поверхности слоя с горизонтальной плоскостью. В каждом пространстве, можно провести сколько угодно линий простирания и все они будут параллельны между собой.

Азимут линии простирания (или просто азимут простирания) — это горизонтальный угол, отсчитываемый от северного направления географического меридиана по ходу часовой стрелки до линии простирания. Азимут простирания может меняться от 0 до 360°. Так как любая линия простирания имеет два взаимно противоположных направления, то и азимут простирания может быть выражен двумя значениями, отличающимися на 180°.

Падение слоя определяется двумя показателями: направлением падения и углом падения. Направление падения слоя (или любой плоскости) характеризуется ориентировкой его линии падения по отношению к странам света и определяется азимутом линии падения.

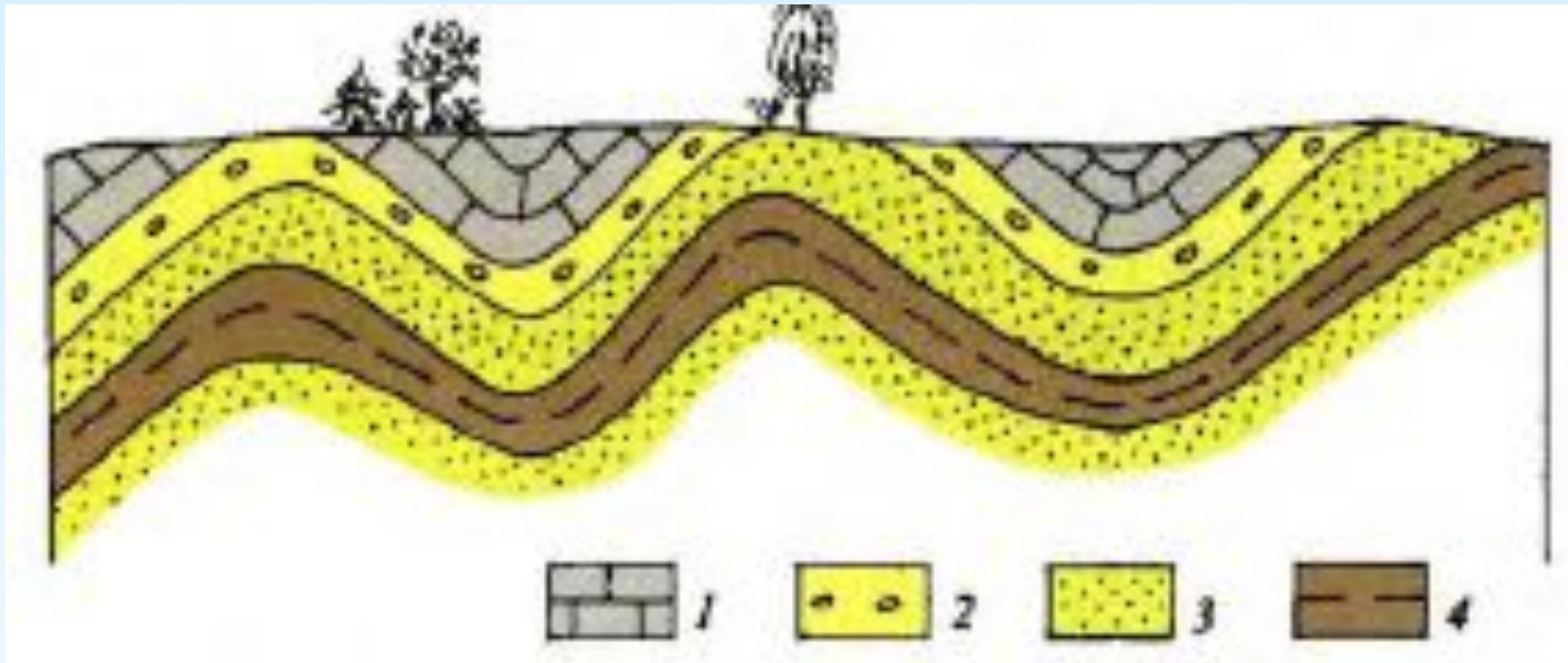
Линия падения — линия, лежащая на поверхности слоя и перпендикулярная к линии простирания, т. е. линия падения есть вектор, направленный вниз по слою и указывающий направление падения слоя. Иными словами, линия падения — это линия, указывающая направление наклона слоя (или направление, по которому будет стекать вода).

Угол падения— угол между поверхностью слоя и горизонтальной плоскостью, или угол между линией падения и ее проекцией на горизонтальную плоскость. В случае горизонтального залегания слоя угол падения равен 0° ; при вертикальном положении слоя угол падения равен 90° .

Азимут линии падения (или просто азимут падения) — это правый векториальный горизонтальный угол, отсчитываемый от северного направления географического меридиана до проекции линии падения на горизонтальную плоскость. Азимут падения может меняться в зависимости от положения слоя в пределах от 0 до 360° . Он имеет, в отличие от азимута простирания, только одно значение.

Другая линия, лежащая в плоскости наложения и перпендикулярная к линии простирания, но направленная вверх, в сторону, обратную линии падения, называется **линией восстания слоя**.

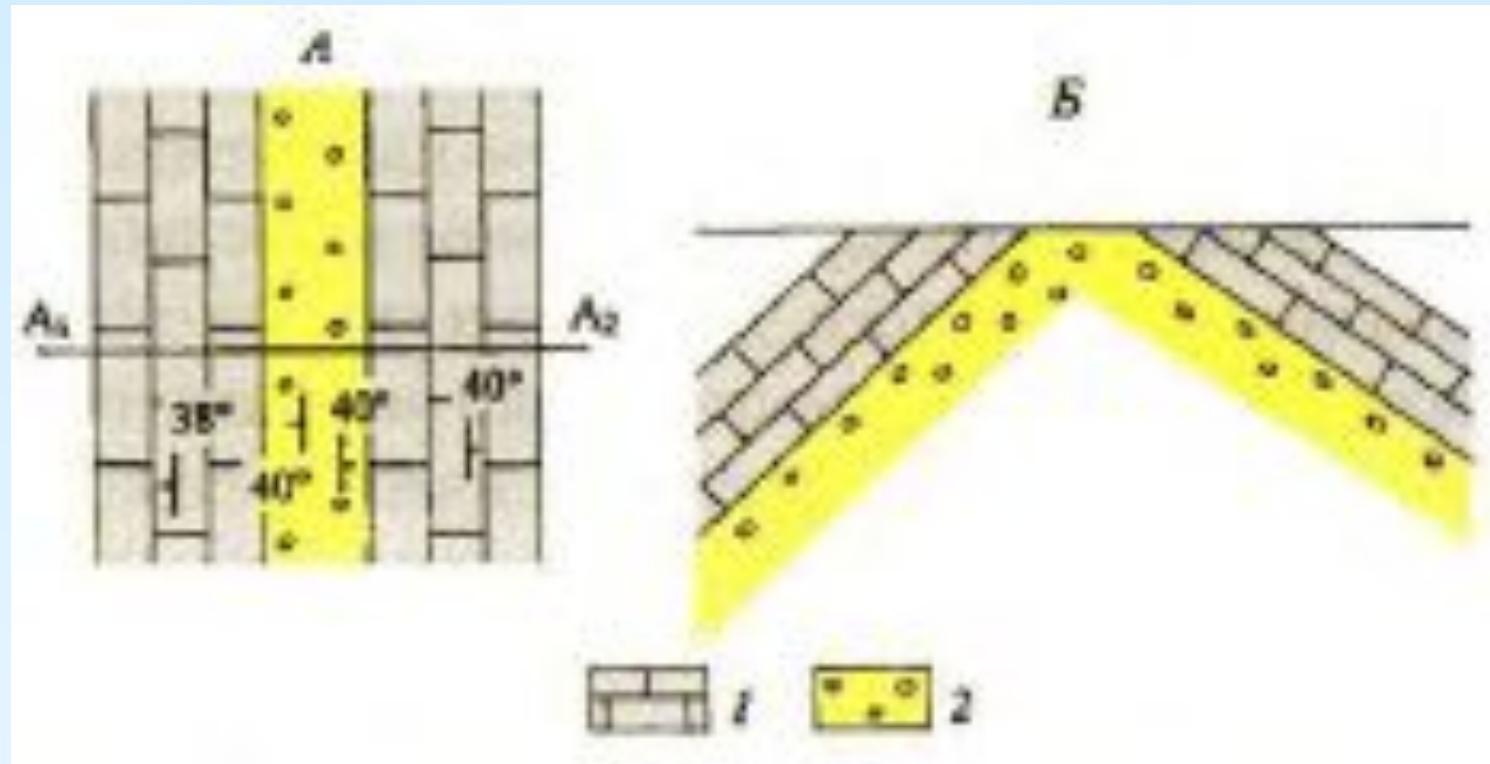
В результате эндогенных (тектонические движения, метаморфизм), а иногда и экзогенных (подводно-оползневые явления, гляциодислокации и др.) процессов горные породы приобретают волнообразные изгибы слоев, которые называют **складками**.



Волнообразные изгибы слоев — складки:

1 — известняки; 2 — конгломераты; 3 — песчаники; 4 — глины

Деформированные таким образом породы относят к складчатому залеганию, которое является частным случаем нарушенного залегания, так как изменяется первоначальное горизонтальное или слабонаклонное (в несколько градусов) положение слоев.



Характерное для складчатого залегания симметрично повторяющееся расположение полос относительно центральной непарной полосы:
 А — план; Б — разрез. 1 — известняки; 2 — гравелиты

Основные элементы строения складок.

Замок складки — это участок перегиба слоев с внешней стороны.

Ядро — участок перегиба слоев с внутренней стороны.

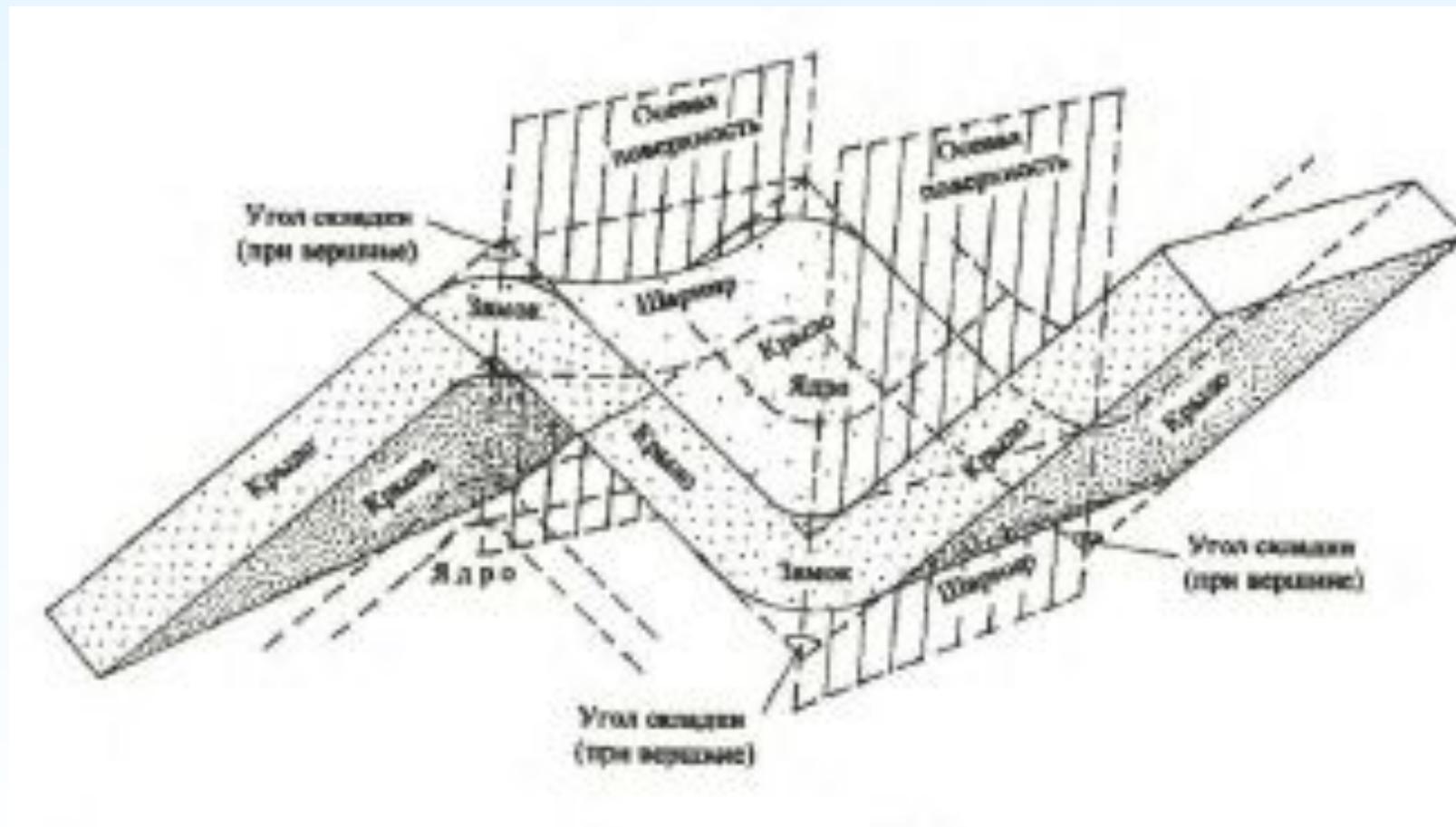
Крылья — фрагменты слоев, заключенные между их изгибами в замках соседних складок. Они могут представлять собой как прямолинейные, так и изгибающиеся отрезки пластов.

Угол падения крыла — это угол, измеренный в вертикальной плоскости между линией падения слоя в крыле складки и ее проекцией на горизонтальную плоскость. Если продолжить крылья складки в область замка, то они пересекутся под определенным углом, который называют **углом складки**.

Одним из основных элементов складок является **осевая поверхность**, которая делит угол складки пополам и проходит через точки перегиба слоев. Она может быть плоской, может изгибаться. Угол ее наклона может изменяться от 0° до 90° . Наклон осевой поверхности получил название «**вергентность**».

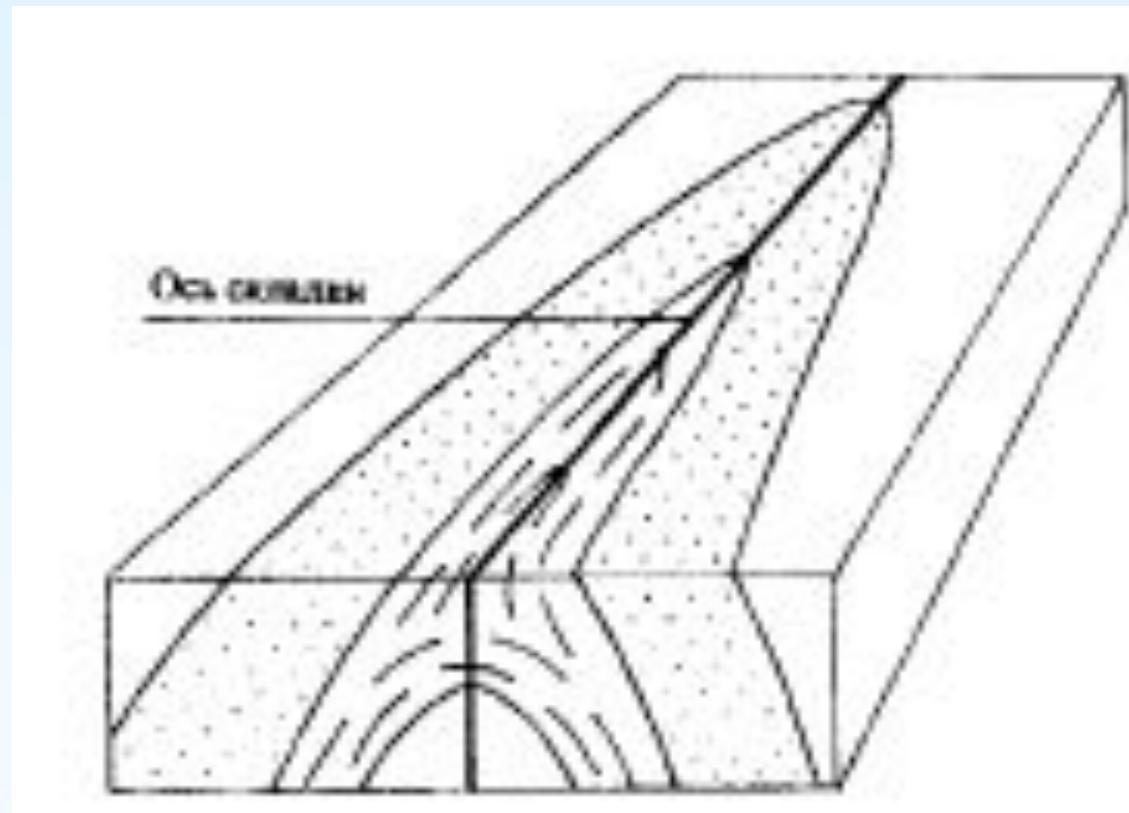
Линия, образуемая при пересечении осевой поверхности с поверхностью какого-либо слоя, называется **шарниром складки**

Ось складки — это линия, образуемая при пересечении осевой поверхности с поверхностью рельефа



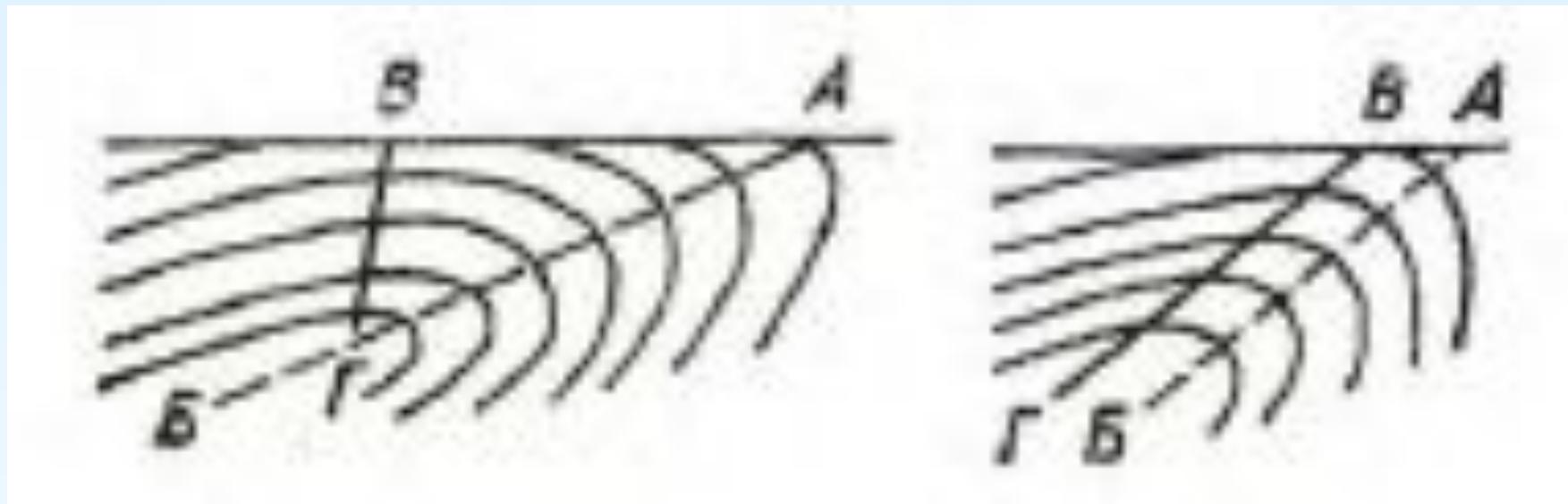


Волнистый шарнир (ундуляция шарнира: его воздымание и погружение)



Ось складки — линия пересечения осевой поверхности с поверхностью рельефа

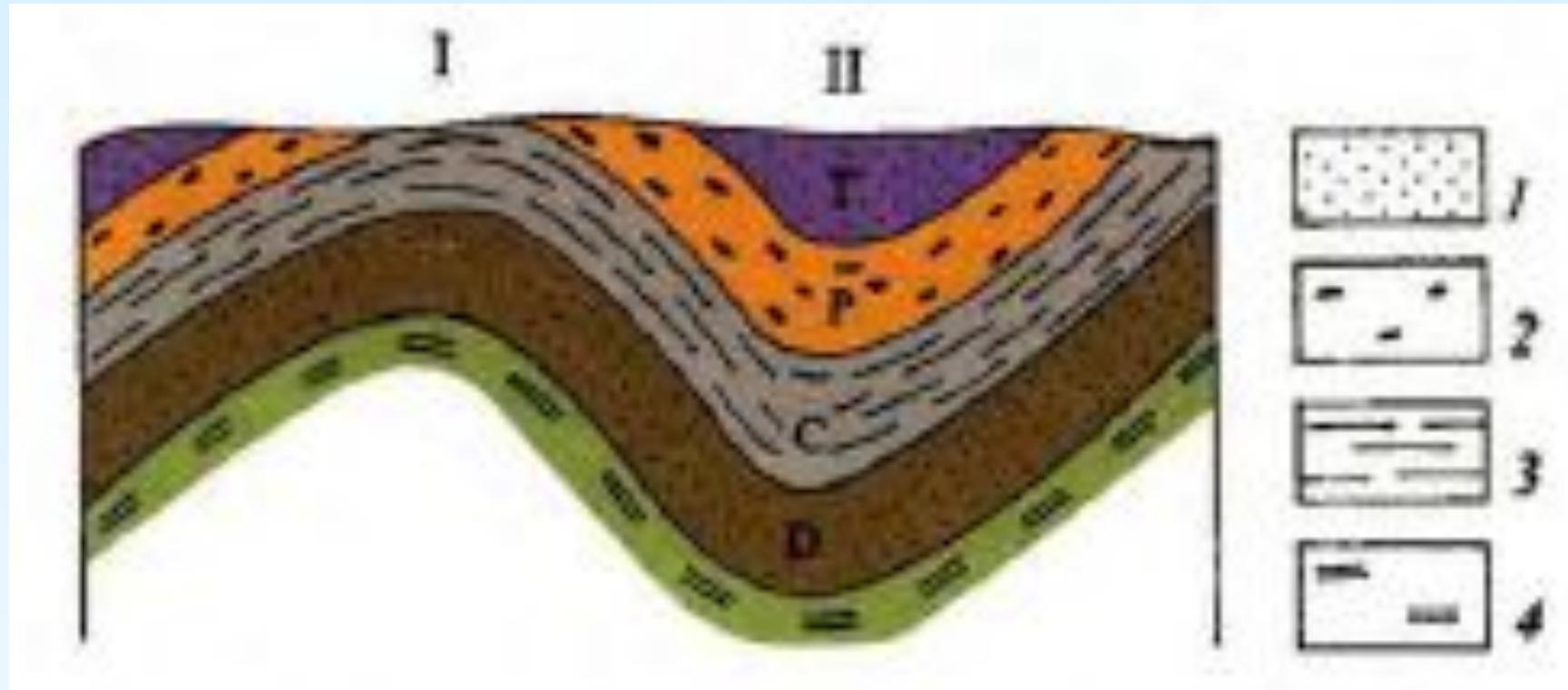
Гребневой поверхностью называют поверхность, соединяющую самые высокие точки расположения слоев, образующих складку. **Гребень складки** представляет собой линию пересечения гребневой поверхности с кровлей или подошвой любого из слоев складки. Гребневая поверхность определяется при изучении наклонных и опрокинутых складок. В прямых складках она совпадает с осевой поверхностью.



Положение осевой (АБ) и гребневой (ВГ) поверхностей в вертикальном поперечном разрезе складки (по А. Е. Михайлову)

Все многообразие складок по возрастному соотношению слоев в ядре и замковой части делится на **антиклинальные** и **синклиналильные**.

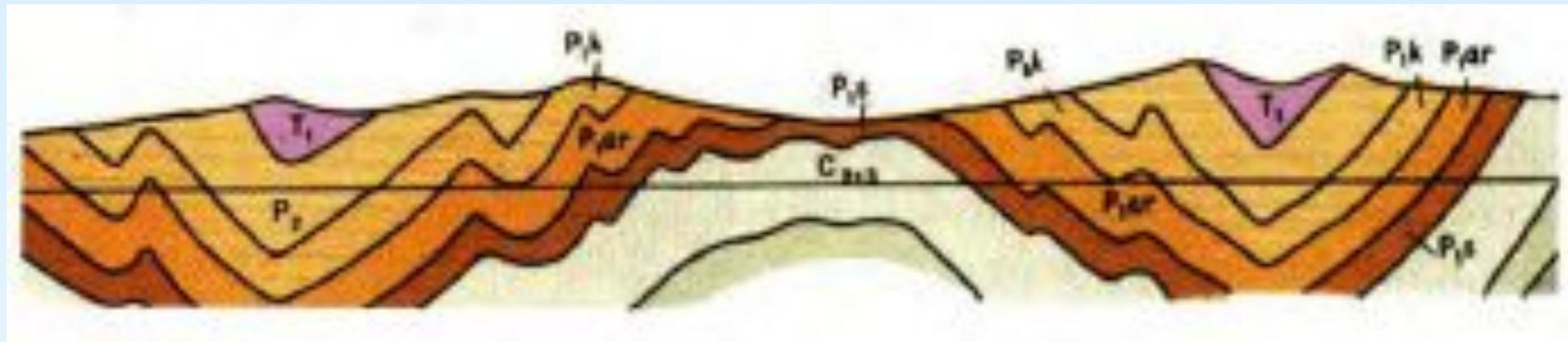
У антиклинальных складок в ядре находятся более древние породы, чем в замковой части. В синклиналильных складках в ядре находятся более молодые породы, чем в замке.



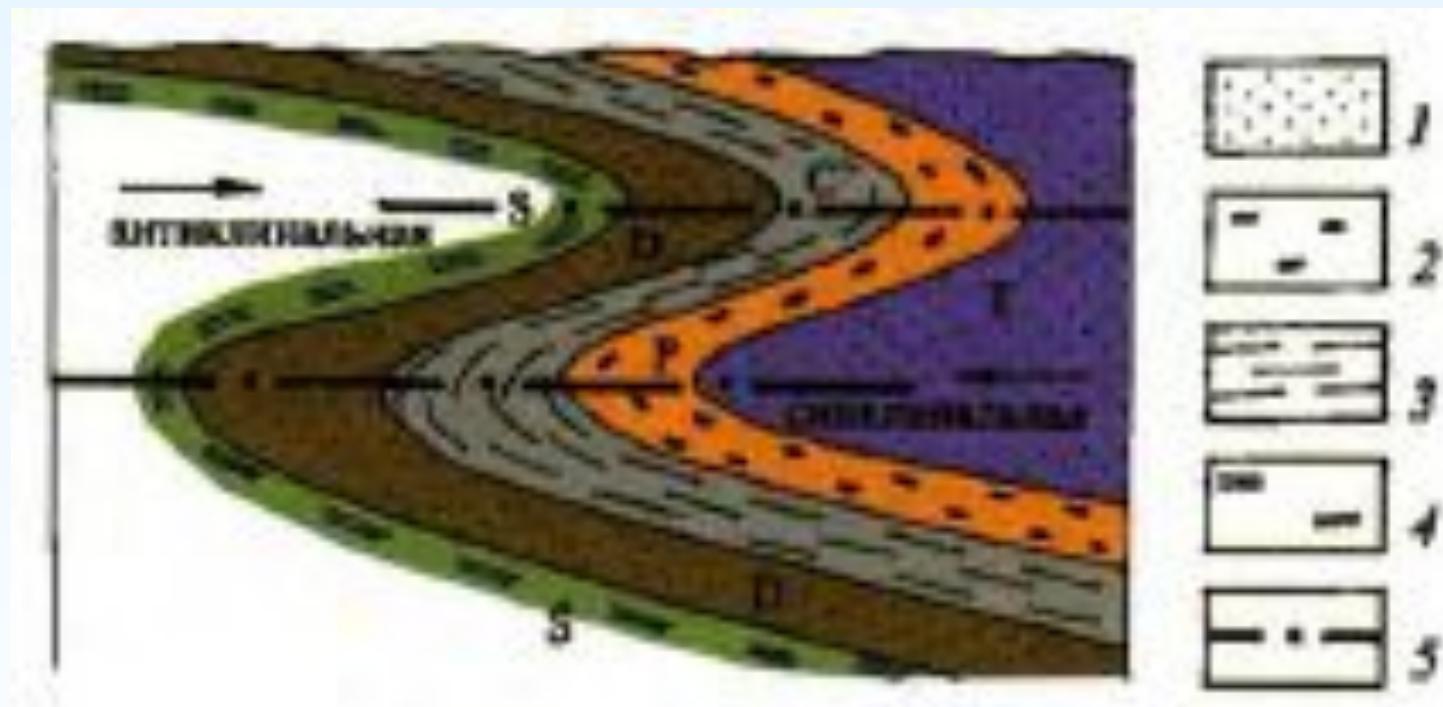
Антиклинальная (I) и синклиналильная (II) складки:

1 — пески; 2 — конгломераты; 3 — глины; 4 — гипсы

Морфологически антиклинальные складки часто обращены выпуклостью вверх (к дневной поверхности), синклинали — выпуклостью вниз. Однако в случае лежачих складок этот критерий не работает, и единственный способ определить тип складки — возрастной анализ пород в ядре и замке.



Две синклинали, в ядре которых отложения триасового возраста обращены выпуклостью вниз; между ними антиклинальная складка (в ядре породы карбонового возраста), обращенная выпуклостью вверх.



Лежачие складки:

1 — пески; 2 — конгломераты; 3 — глины; 4 — соли; 5 — положение осевых поверхностей

Существует множество классификаций складок. Одни из них в качестве классификационного признака берут особенности морфологии (формы) складок и тогда такие классификации называются **морфологическими**. Другие за основной признак, по которому группируются складки, берут условия их образования. Такие классификации получили название **генетических**.

В плане складки делят по соотношению длины к ширине.

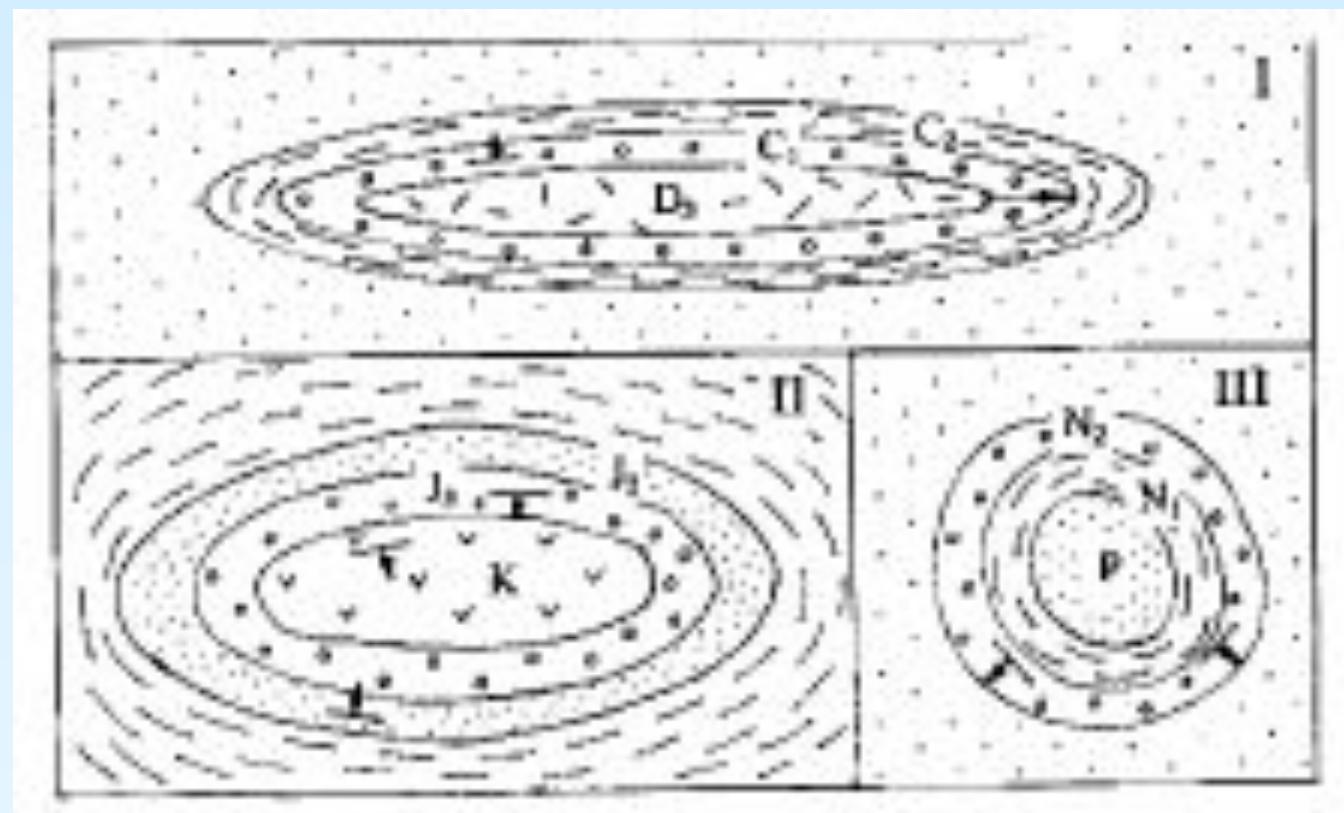
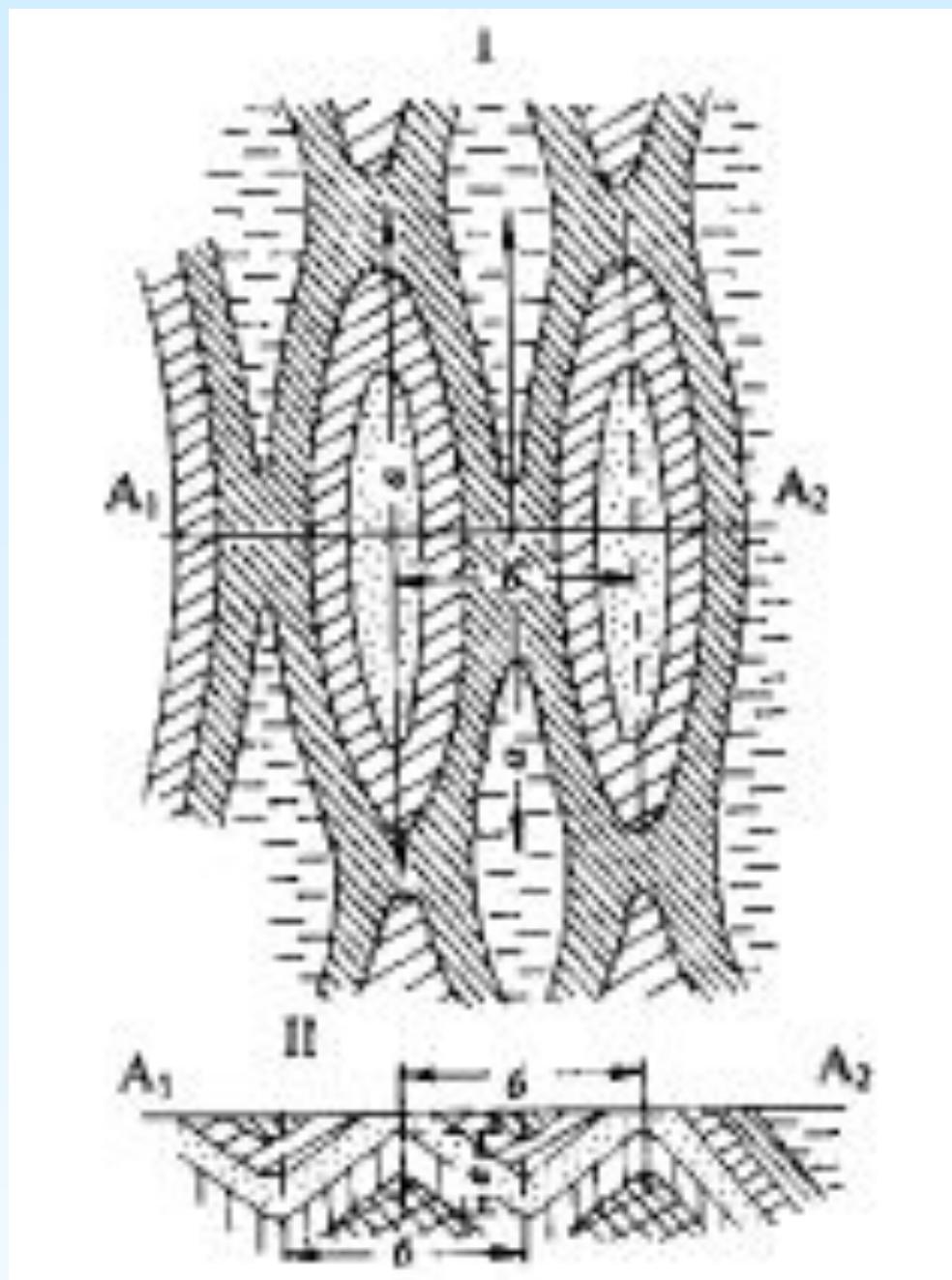
Под **длиной складки** понимают расстояние по оси складки между двумя соседними точками перегиба шарнира.

Ширина складки соответствует кратчайшему расстоянию между осями двух соседних антиклинальных или синклинальных складок.

Высотой складки называется расстояние по вертикали между замком антиклинальной складки и смежной с ней синклинальной складки, измеренное по одному и тому же слою.

Если соотношение длины к ширине больше трех — то такие складки называют **линейными**, если меньше трех, но больше единицы — то складки относят к **брахиформным**. При равной длине и ширине складки называют **изометричными**.

В последнем случае синклинальные складки принято называть **мульдами**, а антиклинальные — **куполами**.



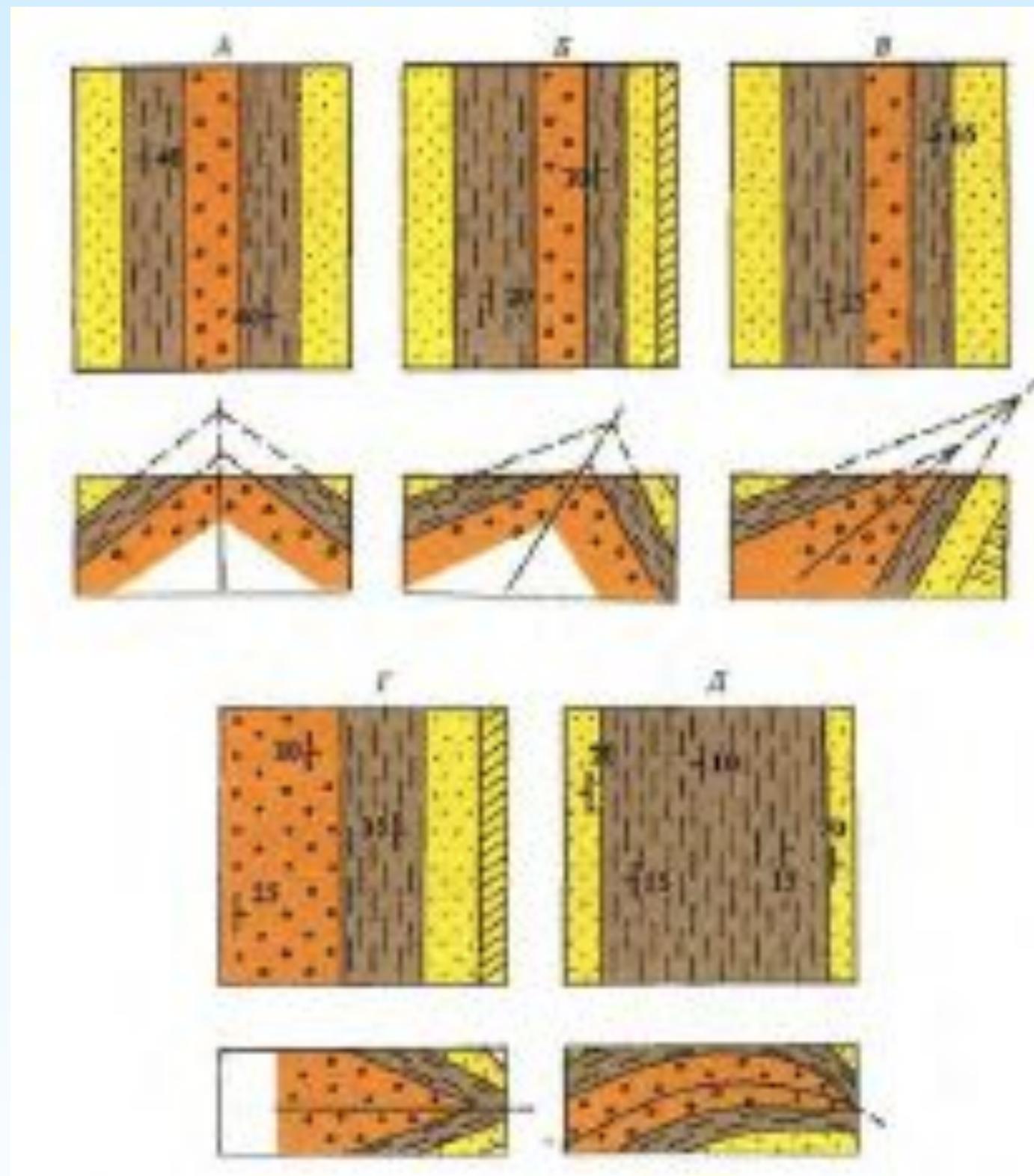
Классификация складок по морфологии в плане (соотношению длины к ширине):
 I - линейные; II - брахиформные;
 III — изометричные (купола, мульды)

Размеры складок:

а — длина; б - ширина; в — высота.

I — план; II — разрез. А1 — А2 линия разреза

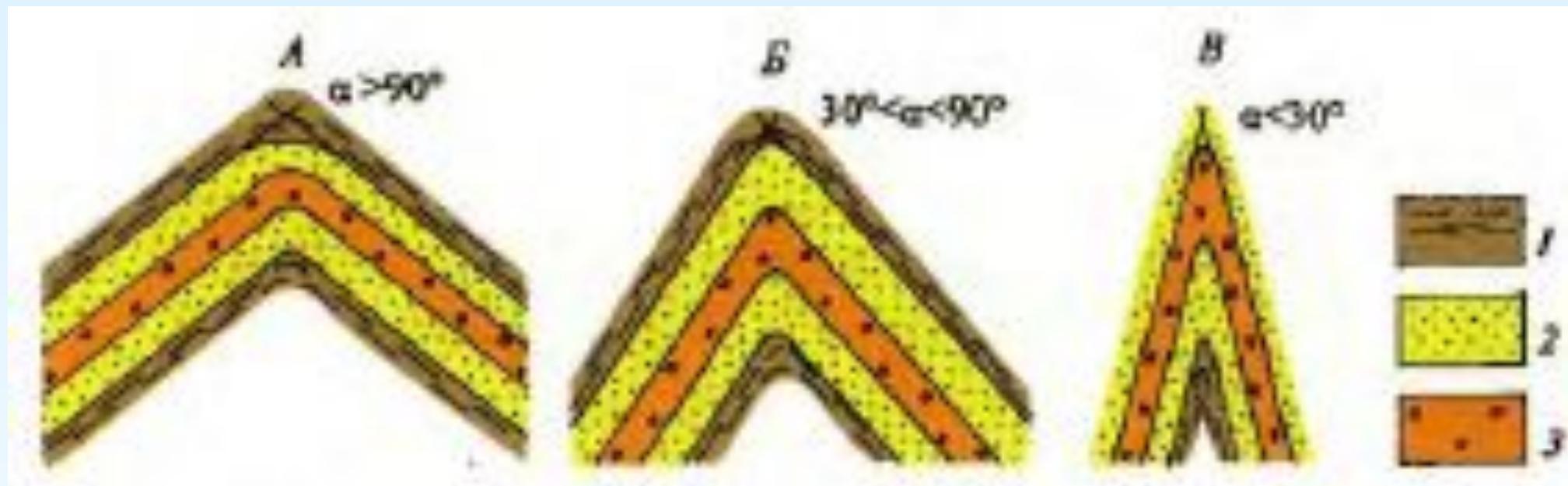
По положению осевой поверхности и наклону крыльев складки делят на прямые, наклонные, опрокинутые, лежачие, ныряющие.



12. Складки в плане и разрезе с различным положением осевой поверхности:

A — прямые; *B* — наклонные; *B* — опрокинутые; *Г* — лежачие; *Д* — ныряющие

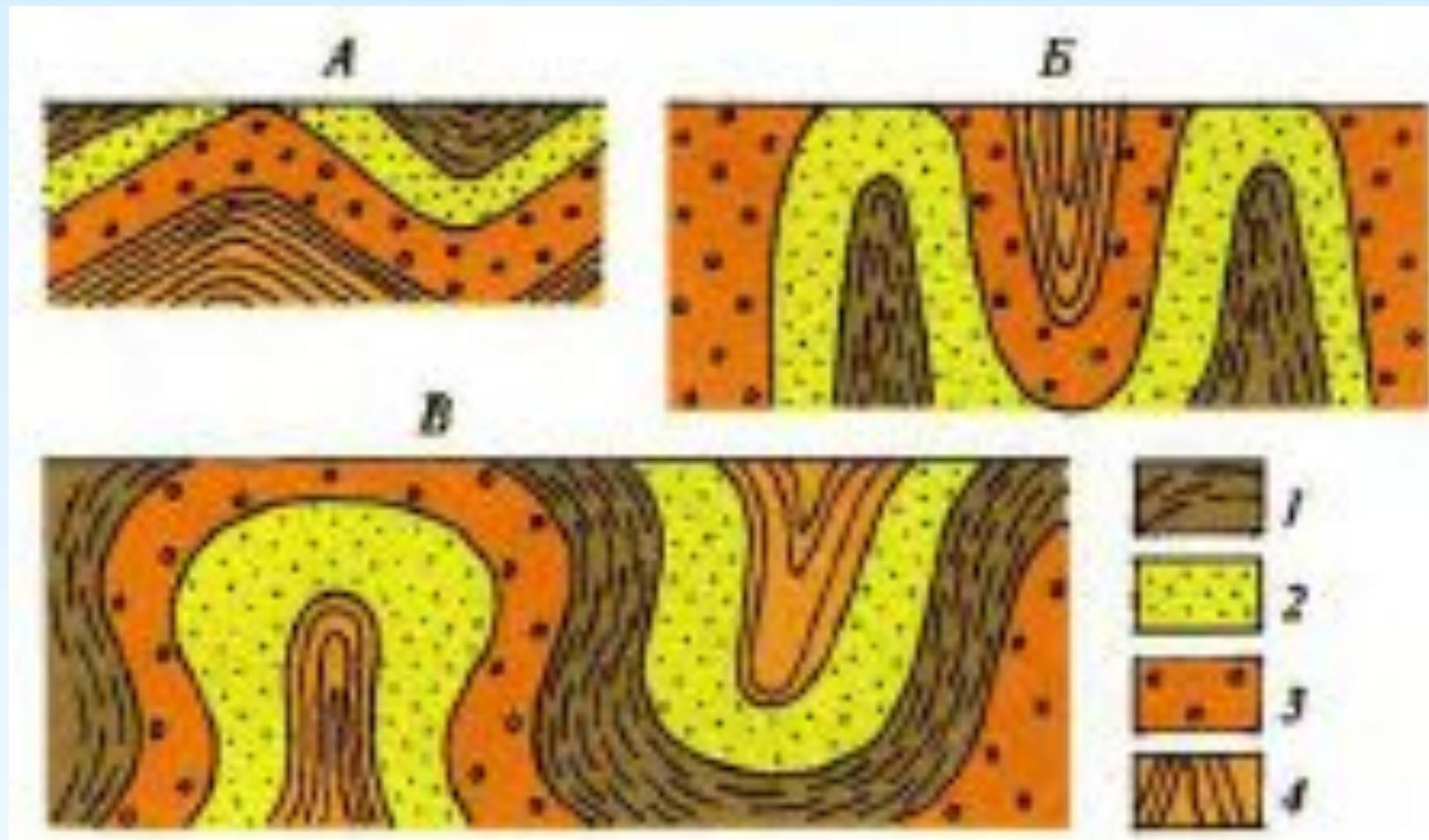
По величине угла в замковой части складки делят на открытые — угол более 90° , средние — угол от 30° до 90° и сжатые — угол меньше 30° . Определить вид складки по величине угла можно только построив геологический разрез в крест простирания оси складки и измерив на нем величину угла складки, образованного продолжением крыльев в замковую часть.



Классификация складок по углу в замковой части:

А — открытые; Б — средние; В — сжатые. 1 — сланцы; 2 — песчаники; 3 — конгломераты

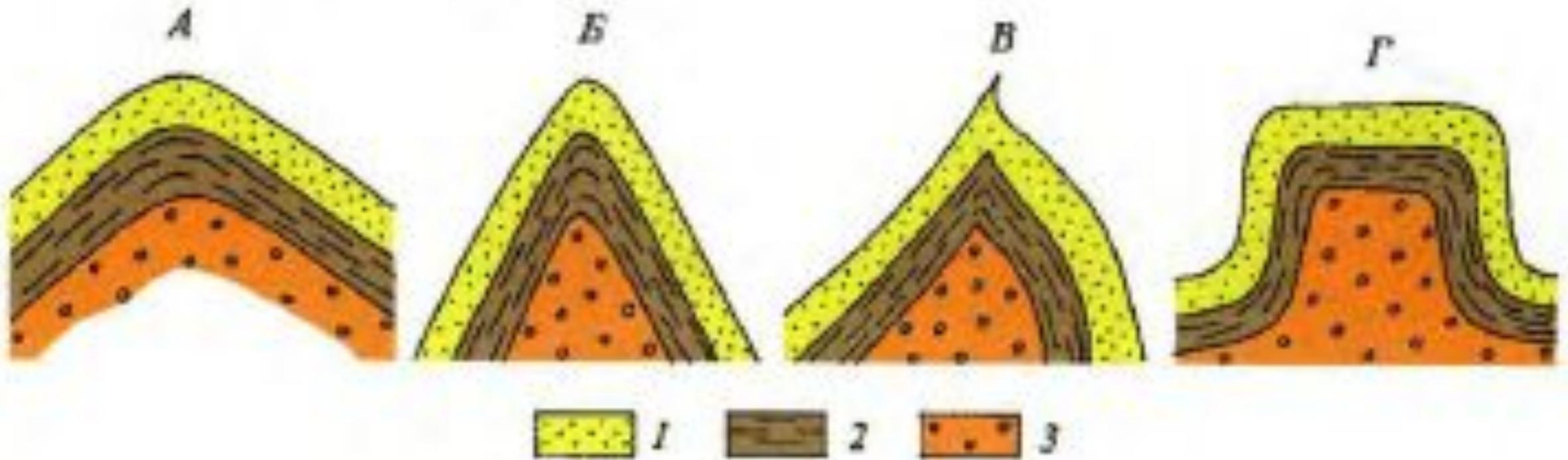
По взаимному расположению крыльев выделяют нормальные, изоклиналильные, веерообразные складки.



Деление складок по взаимному расположению крыльев:

А — нормальные; Б — изоклиналильные; В — веерообразные. 1 — глины; 2 — песчаники; 3 — гравелиты; 4 — аргиллиты

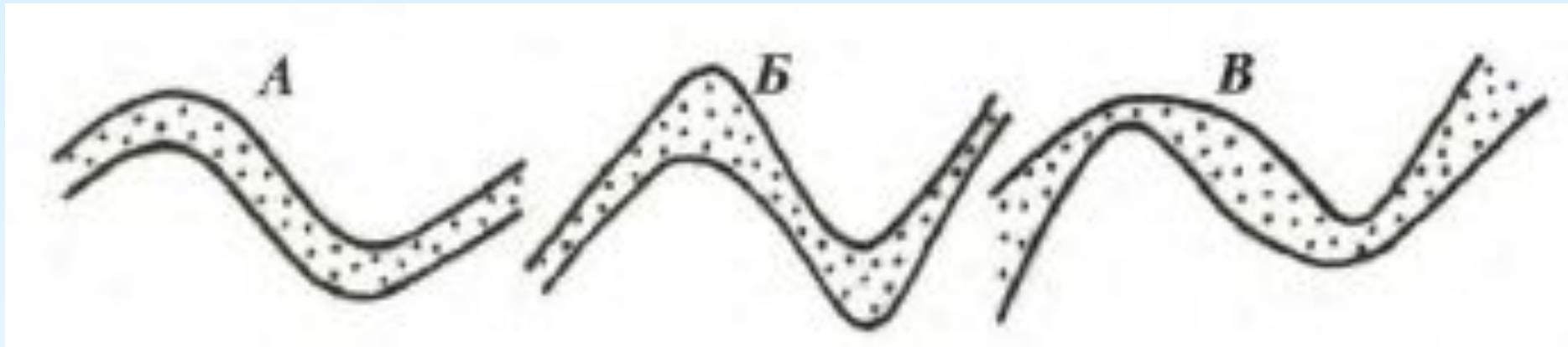
По форме замка складки делят на округлые или аркообразные, гребневидные, килевидные, сундучные или коробчатые.



Классификация складок по форме замка:

A — аркообразные (округлые); Б — гребневидные; В — килевидные; Г — коробчатые (сундучные).
1 — песчаники; 2 — аргиллиты; 3 — гравелиты

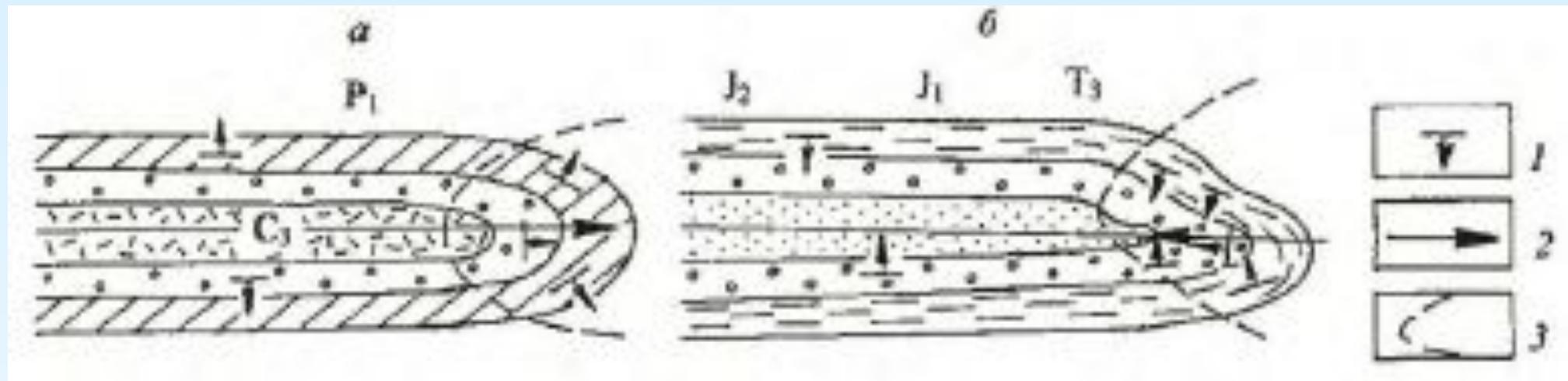
По соотношению мощностей в замке и на крыльях выделяют концентрические складки (мощность в замке и на крыльях одинаковая), подобные (мощность в замке больше чем на крыльях) и складки с утоненным замком, когда мощность слоев в замковой части меньше, чем на крыльях.



Деление складок по соотношению мощности слоев в замковой части и на крыльях:

А — концентрические; Б — подобные; В — с утоненным замком

Выделяют два типа замыкания складок: периклинальное, когда погружение шарниров идет от ядра складки, что характерно для антиклинальных складок, и центриклинальное, когда погружение шарниров идет к ядру складок, что характерно для синклиналиных складок.

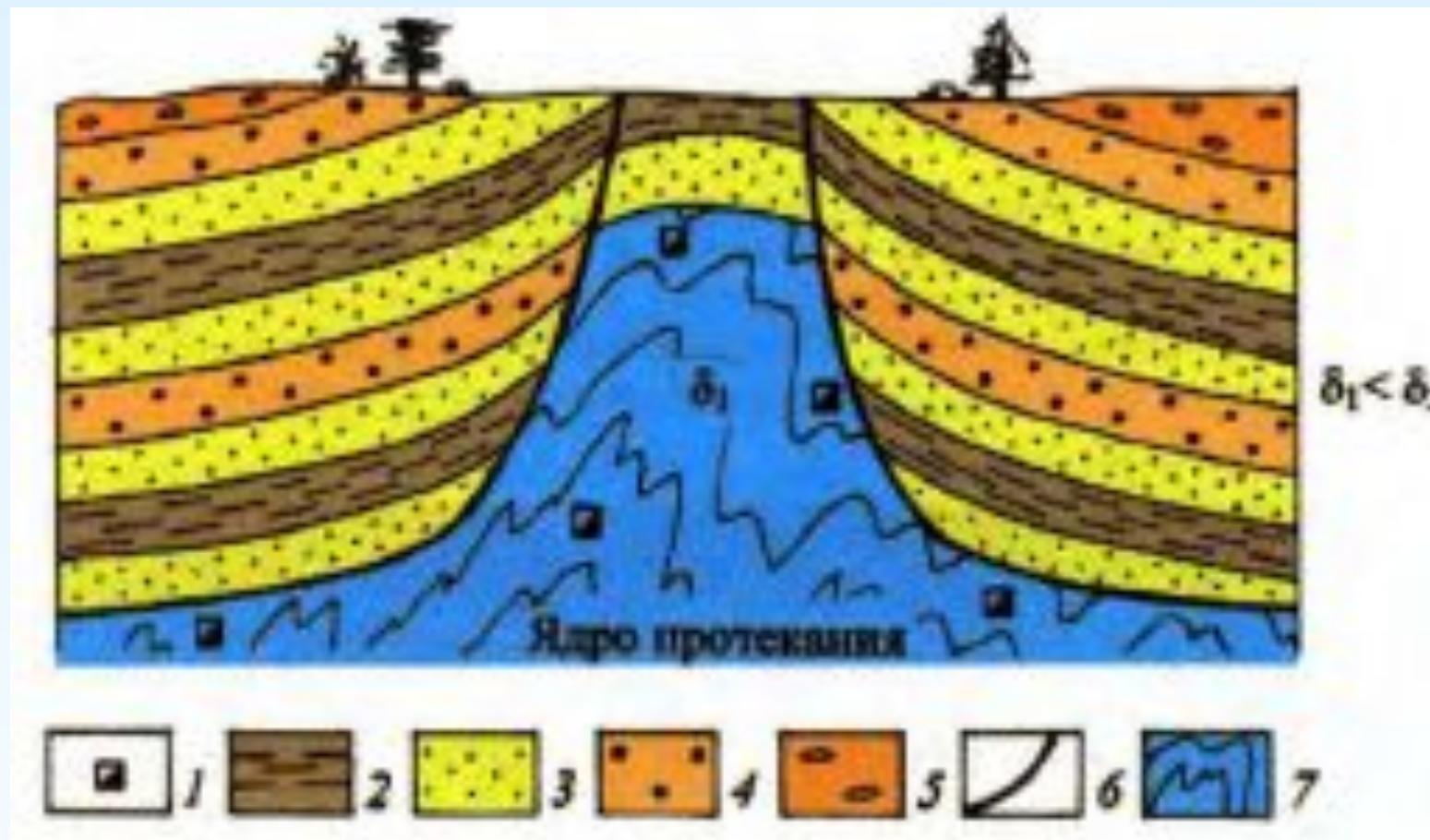


Замыкание складок:

а — периклинальное (для антиклинальных складок); б — центриклинальное (для синклиналиных складок). 1 — направление падения слоев; 2 — направление погружения шарнира; 3 — участок замыкания складки

Диапировые складки. К особому виду складок относят диапировые складки. Их особенностью является то, что в их строении обязательно присутствует такой элемент как ядро протыкания. В зависимости от состава ядра протыкания выделяют:

- 1) соляные диапиры;
- 2) глиняные диапиры (в ядре водонасыщенные глины);
- 3) гипсовые и ангидритовые диапиры, часто объединяемые вместе с солями в эвапоритовую формацию.



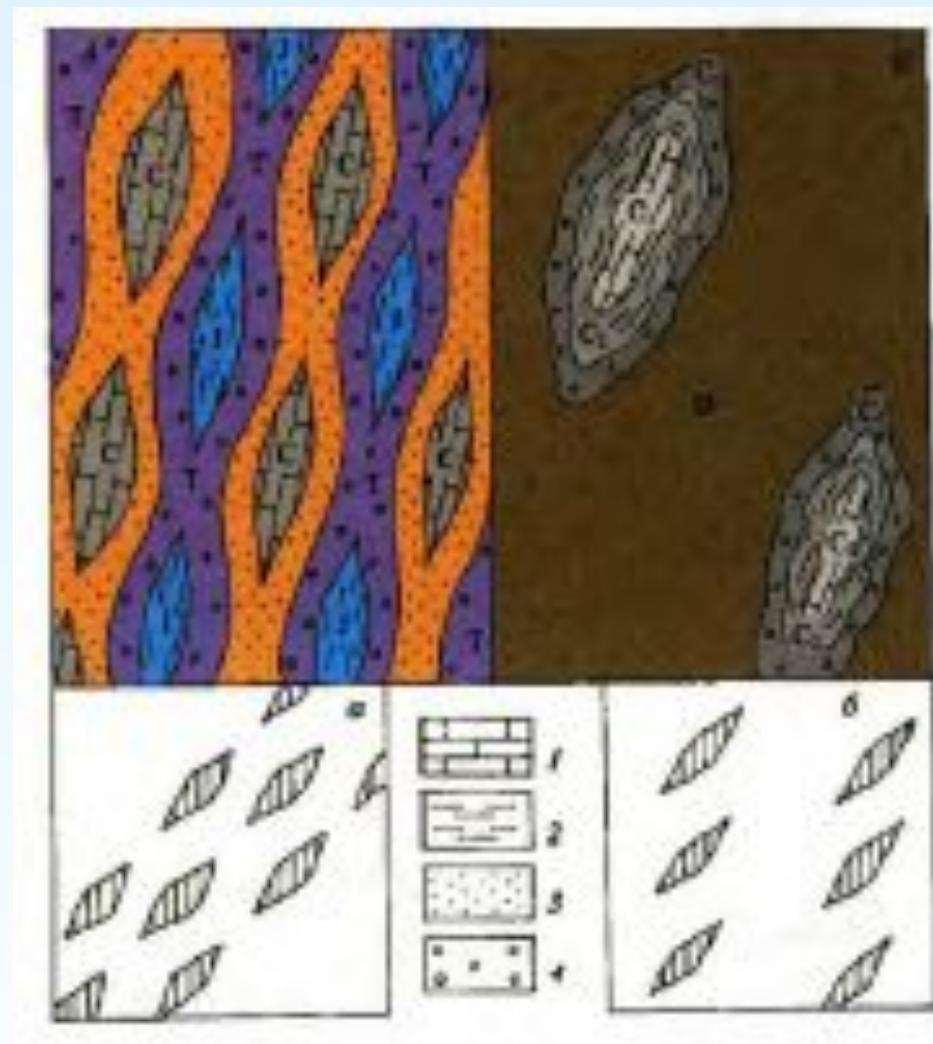
Диапировая складка, ядро протыкания которой сложено гипсом:

1 — гипс; 2 — глины; 3 — пески; 4 — гравелиты; 5 — конгломераты; 6 — разрывные нарушения; 7 — ложная складчатость ядра протыкания; δ_1 — плотность гипса; δ_2 — плотность перекрывающих пород (надсолевого комплекса)

Сложное сочетание складок разного размера и порядка получило название **складчатости**. По взаимному расположению и способу сочетания выделяют два типа складчатости: **голоморфную** и **идиоморфную**.

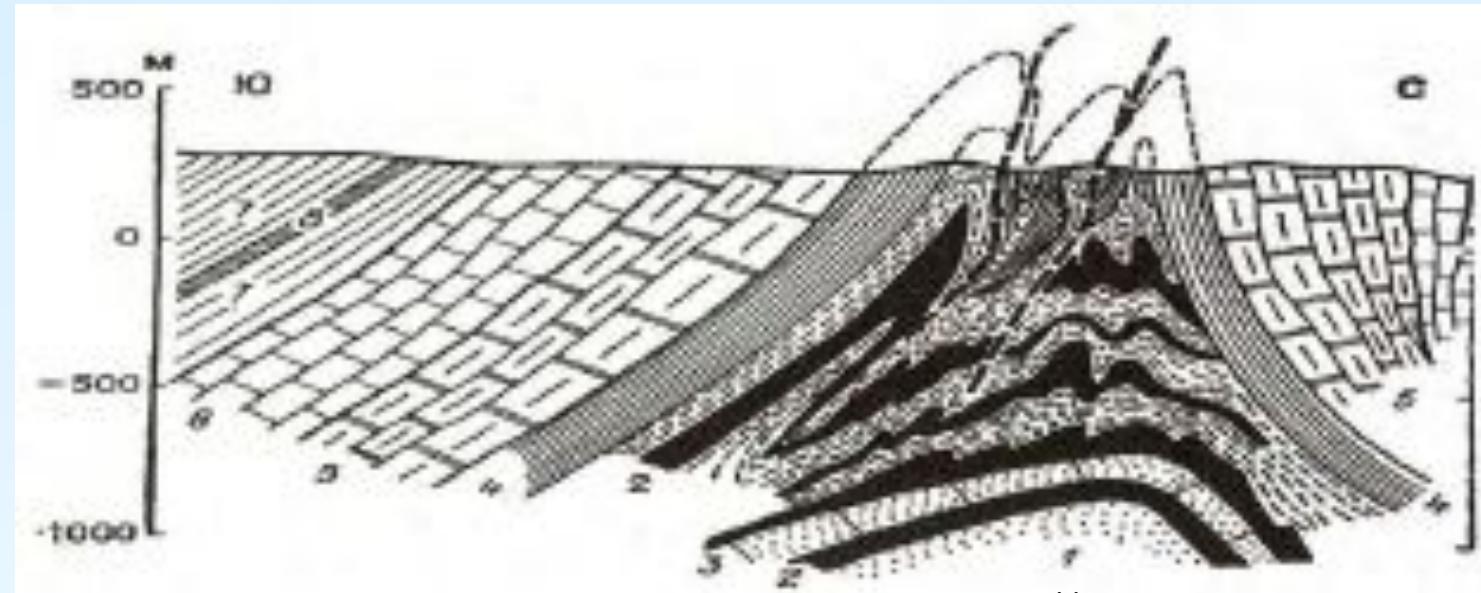
Голоморфная (полная) складчатость представляет собой равномерное расположение линейных складок. Такой тип складчатости характерен для складчатых поясов. В данном случае складки могут иметь эшелонированное или кулисообразное расположение.

Идиоморфная (прерывистая) складчатость — единичные складки, часто брахиформные в плане. Нередко эти складки накладываются на более раннюю голоморфную линейную складчатость

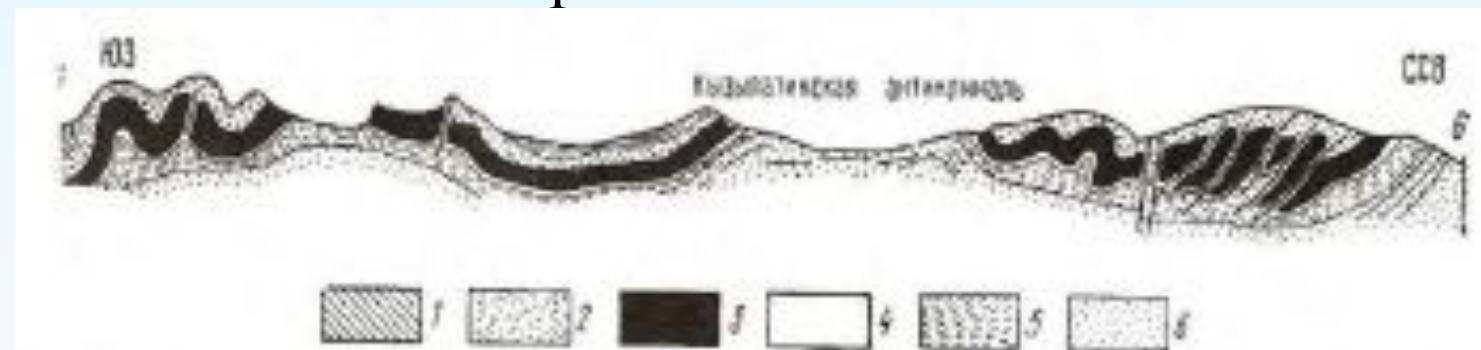


А — голоморфная (полная); Б — идиоморфная: а — эшелонированная; б — кулисообразная

Складчатость бывает **гармоничная**, когда идет равномерное чередование одинаковых по длине волны и амплитуде складок с одинаковым положением осевых поверхностей, и **дисгармоничная**, представляющая сочетание одновозрастных, различных по форме складок, развитых в разнородных по составу горных породах. При дисгармоничной складчатости, сложные складки могут подстилаться толщами, в которых проявлены лишь плавные изгибы.



Дисгармоничное смятие пластических пород в ядре крупной антиклинальной складки в Карпатах



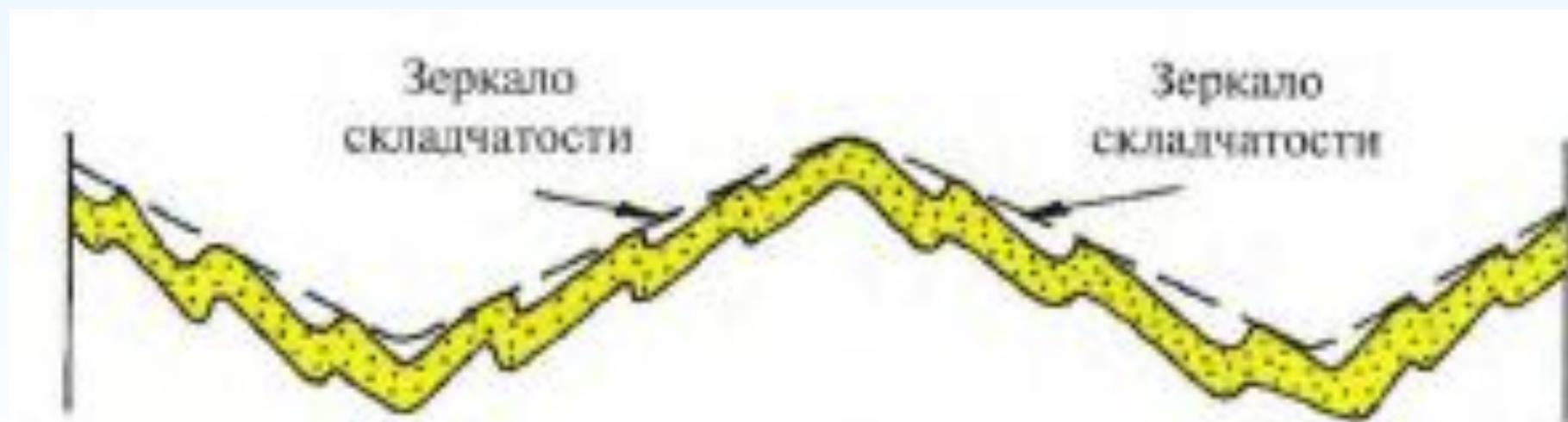
Дисгармоничная складчатость в верхнедевонских и нижнекаменноугольных отложениях северо-западной части Центрального Каратау

Складки могут быть простые, не осложненные и осложненные мелкими дополнительными складками. Осложнениям чаще всего подвергаются крылья складок. В этом случае говорят о **разнопорядковой складчатости**. Наиболее крупные из таких структур получили название мегаантиклинориев и мегасинклинориев.



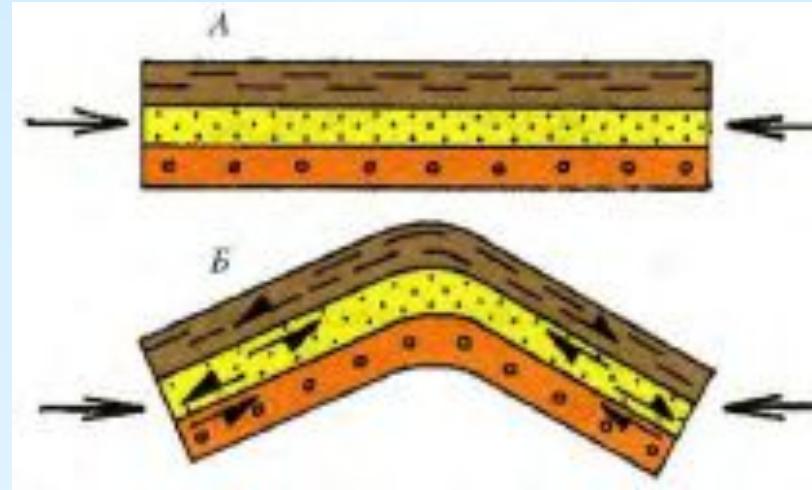
Крылья крупной складки, осложненные более мелкой складчатостью

Для описания морфологии крупных складок, осложненных на крыльях и в замковой части более мелкими складками, используют понятие **зеркала складчатости**. Под этим термином понимают условную поверхность, которая строится по касательным к замкам осложняющей мелкой складчатости.

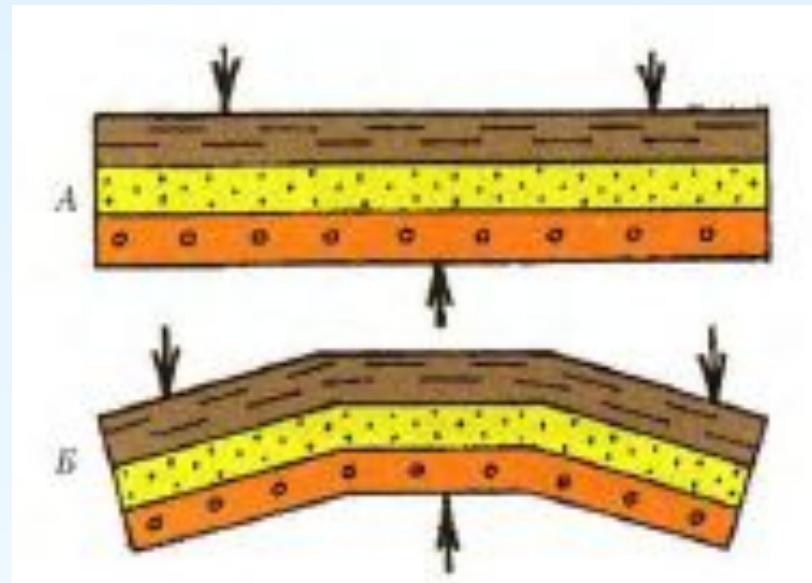


По механизму деформаций выделяют складки продольного и поперечного изгиба, а также складки течения и диапировые.

1. Складки продольного изгиба



2. Складки поперечного изгиба



3. Складки течения



Геолого-генетическая классификация складок

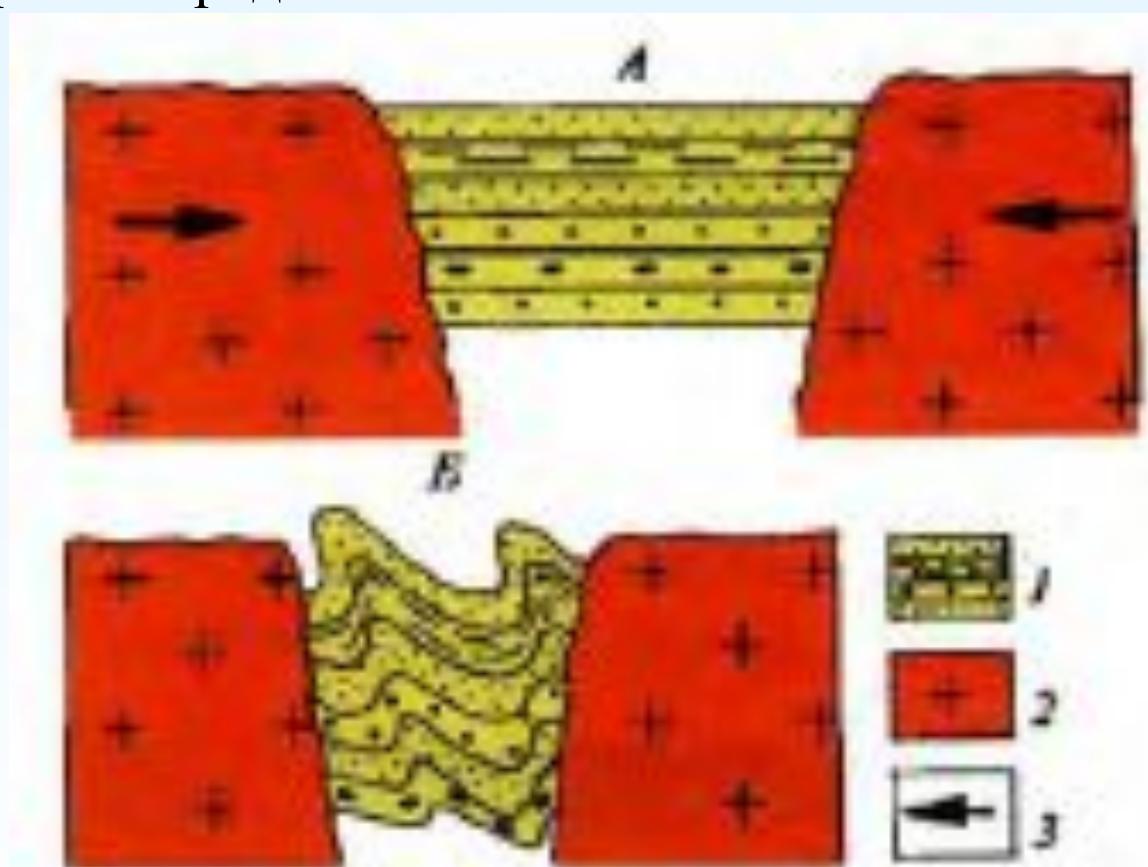
По геологическим условиям образования всю совокупность складок можно разбить на две группы:

эндогенные и экзогенные.

1. **Эндогенные складки** образуются в результате одноименных процессов: тектонических движений, высоких температур и литостатического давления. По совокупности взаимодействующих факторов на породы можно выделить складки покровные или поверхностные, в формировании которых главную роль играют тектонические движения, и складки глубинные, где к стрессовому давлению добавляются высокие температура и литостатическое давление.

Поверхностные складки характерны для складчатых поясов и платформенного чехла. Их длина может составлять несколько километров.

Среди них выделяются **складки регионального сдавливания или смятия**. В результате сжимающих усилий деформируется толща пород с образованием голоморфной складчатости. По геосинклинальной теории смятие в складки происходит при вертикальном воздымании накопившейся ранее слоистой толщи горных пород.



Складки регионального смятия:

А — положение осадочных толщ до начала движения блоков;

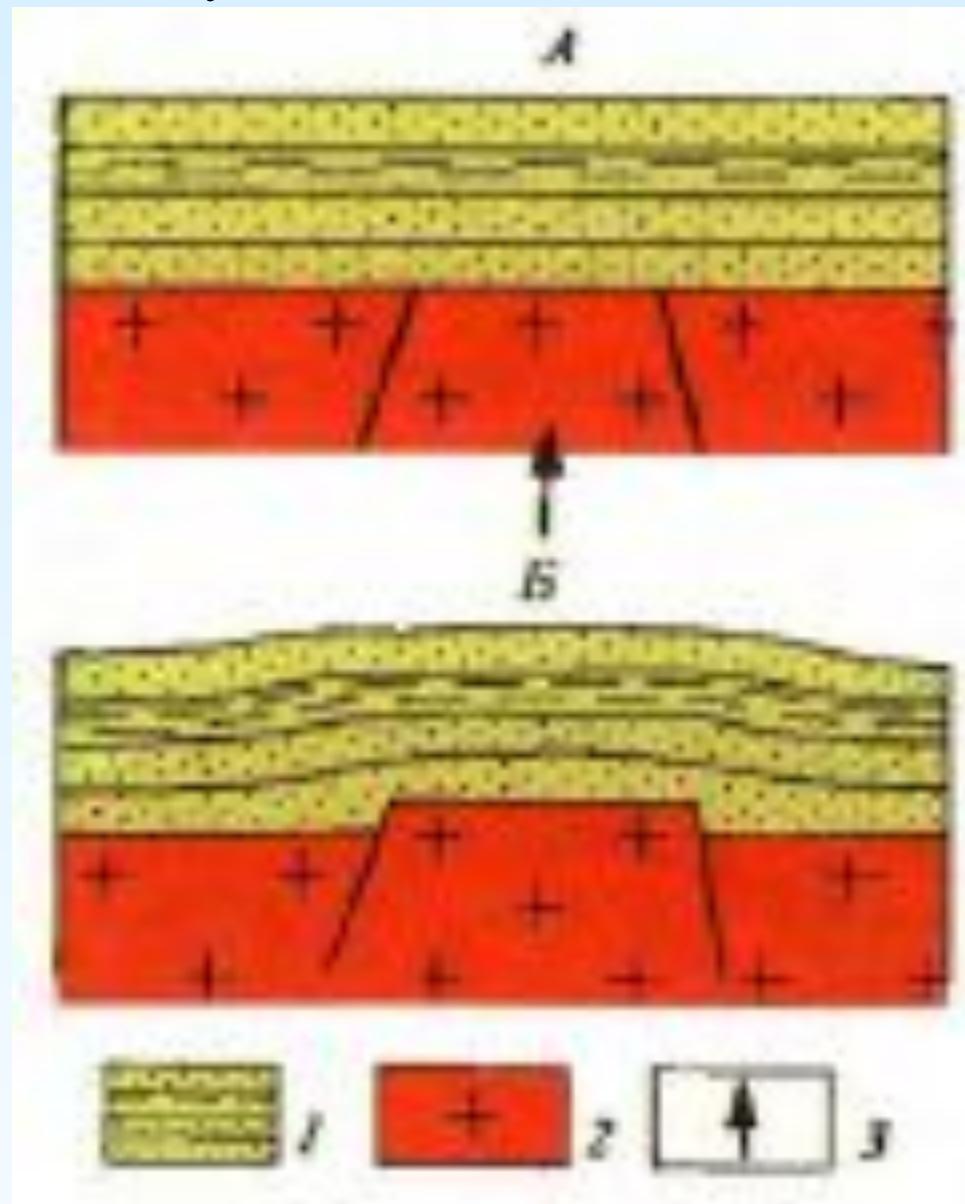
Б — результат сдавливания слоистой толщи жесткими литосферными блоками. 1

— слоистая толща осадочных пород; 2 —

жесткие литосферные блоки; 3 —

направления перемещения блоков

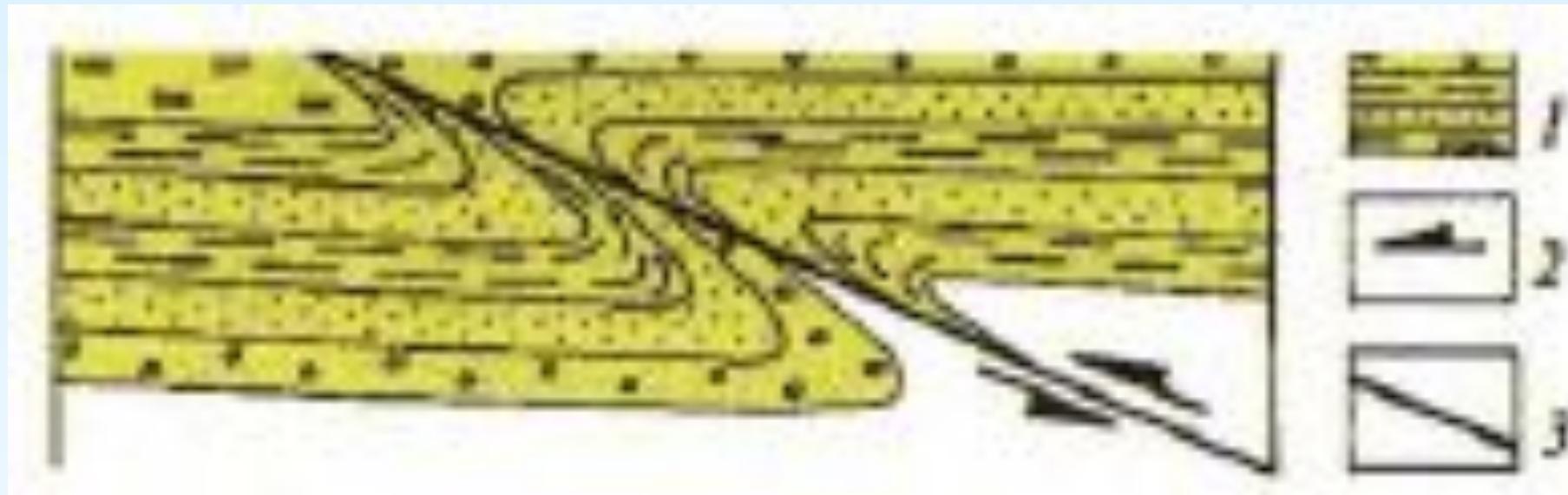
Глыбовые, или штамповые, складки, которые также выделяются в этой группе, образуются при дифференцированном перемещении блоков, подстилающих деформируемую толщу. По условиям деформации это складки поперечного изгиба. При этом образуются брахиформные и куполовидные складки.



Глыбовые или штамповые складки:

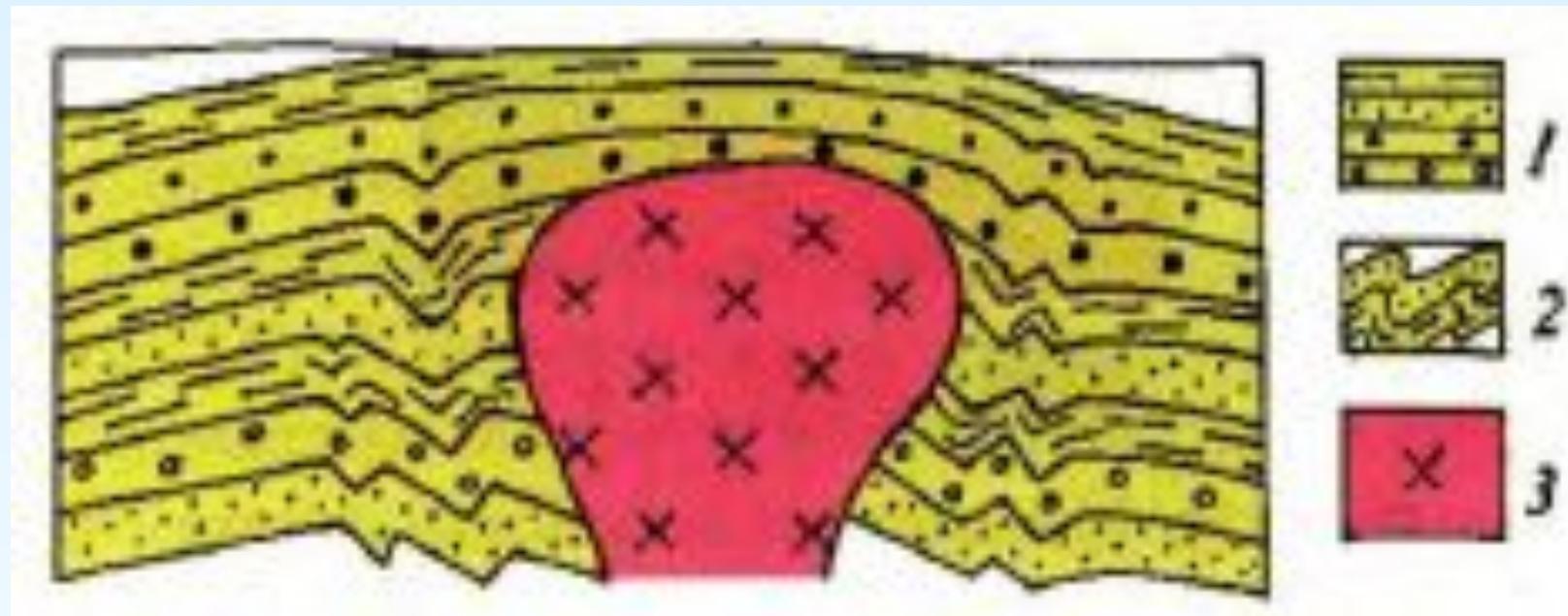
А — положение осадочных толщ до начала восходящего движения блока; Б — результат воздействия на слоистую толщу жесткого литосферного блока. 1 — слоистая толща осадочных пород; 2 — жесткие литосферные блоки; 3 — направления перемещения блоков

Приразломные складки. Они образуются в зоне влияния разрывных нарушений надвигового типа (с большими амплитудами перемещения блоков, пологой поверхностью смещения или зоной волочения). Особенность таких складок в том, что их осевые поверхности параллельны поверхности сместителя. По морфологии это наклонные или опрокинутые складки, они образуются только в зоне влияния разломов. С удалением от надвига приразломные складки исчезают.



Приразломные складки, образующиеся в зоне пологих разрывных нарушений:
1 — слоистая толща; 2 — направление движения блоков по разрывным нарушениям; 3 — разрывные нарушения

Среди поверхностных складок также выделяют **приинтрузивные складки**, которые образуются за счет деформации горных пород под воздействием бокового давления магматического расплава. Складки образуются в прилегающих к интрузивному массиву полосах вмещающих пород шириной от десятков метров до нескольких километров. Средняя ширина зоны складчатости вокруг интрузивного массива составляет сотни метров и в общем случае зависит от размеров магматических тел (чем больше размер тела, тем шире зона складчатости). Оси складок повторяют очертания интрузивных тел в плане.



Приинтрузивные складки в экзоконтакте интрузивного массива:

1 — вмещающие породы, 2 — приинтрузивные складки, 3 — интрузивное тело

Складки гравитационного соскальзывания образуются на склонах поднятий под воздействием гравитационных сил. Особенно благоприятны для их формирования дифференцированные тектонические движения, когда поднятия на одних участках сменяются опусканием (формированием впадин) на соседних площадях. Осадочные слои в таких условиях приобретают значительный наклон и под влиянием гравитационных сил перемещаются в сторону впадин с образованием голоморфной складчатости. По А. Е. Михайлову, максимальная амплитуда подобных перемещений может достигать 20-30 км. Способствуют гравитационному скольжению и образованию складчатости присутствующие в разрезе высокопластичные породы: соли, гипсы, глины. В морфологическом отношении складки гравитационного соскальзывания представлены наклонными, опрокинутыми или лежащими разностями.

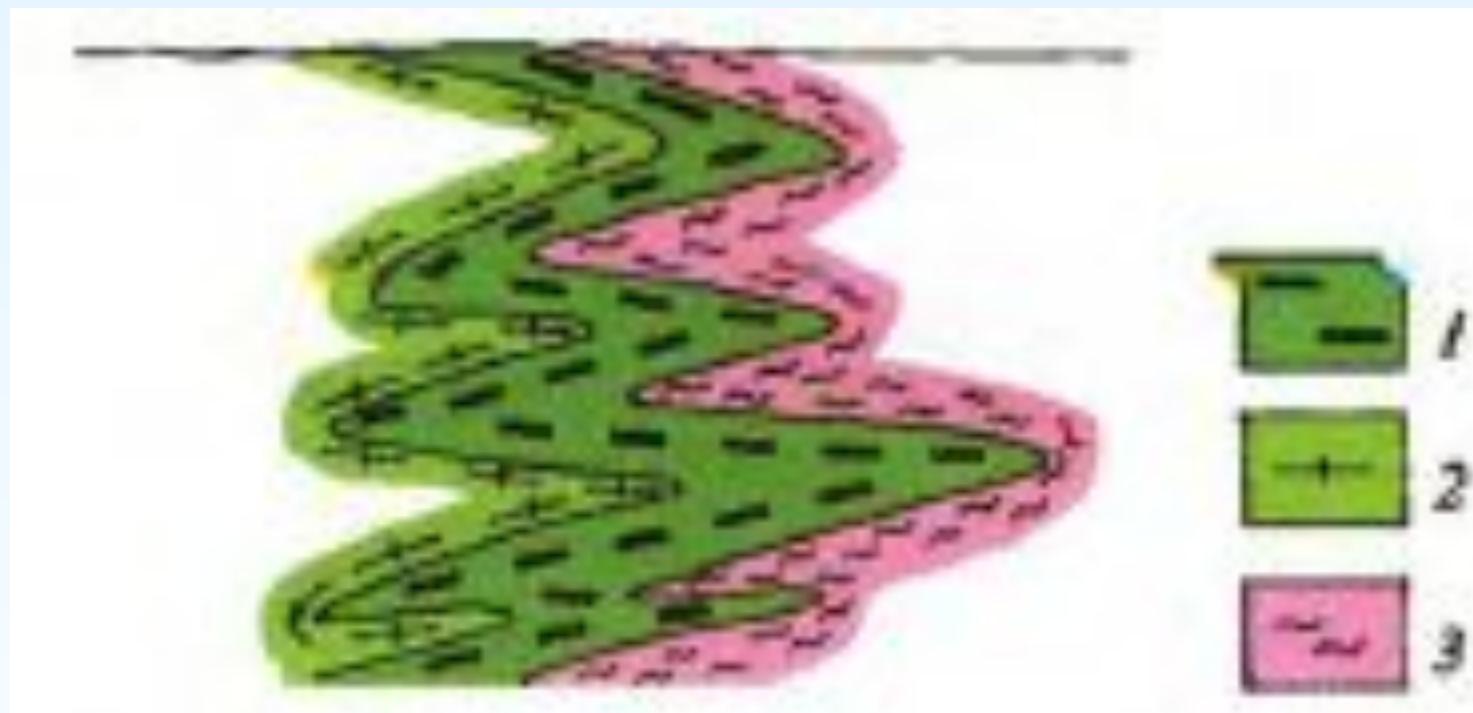


Складки гравитационного соскальзывания:

1 — слоистая толща; 2 — подстилающие породы; 3 — направления тектонических движений

Глубинные складки образуются на глубинах более 5-10 км при совместном воздействии стрессового и литостатического давлений и температуры. Последние два параметра являются обязательными факторами регионального метаморфизма. Образование таких складок идет параллельно с метаморфизмом, поэтому их можно называть и синметаморфическими.

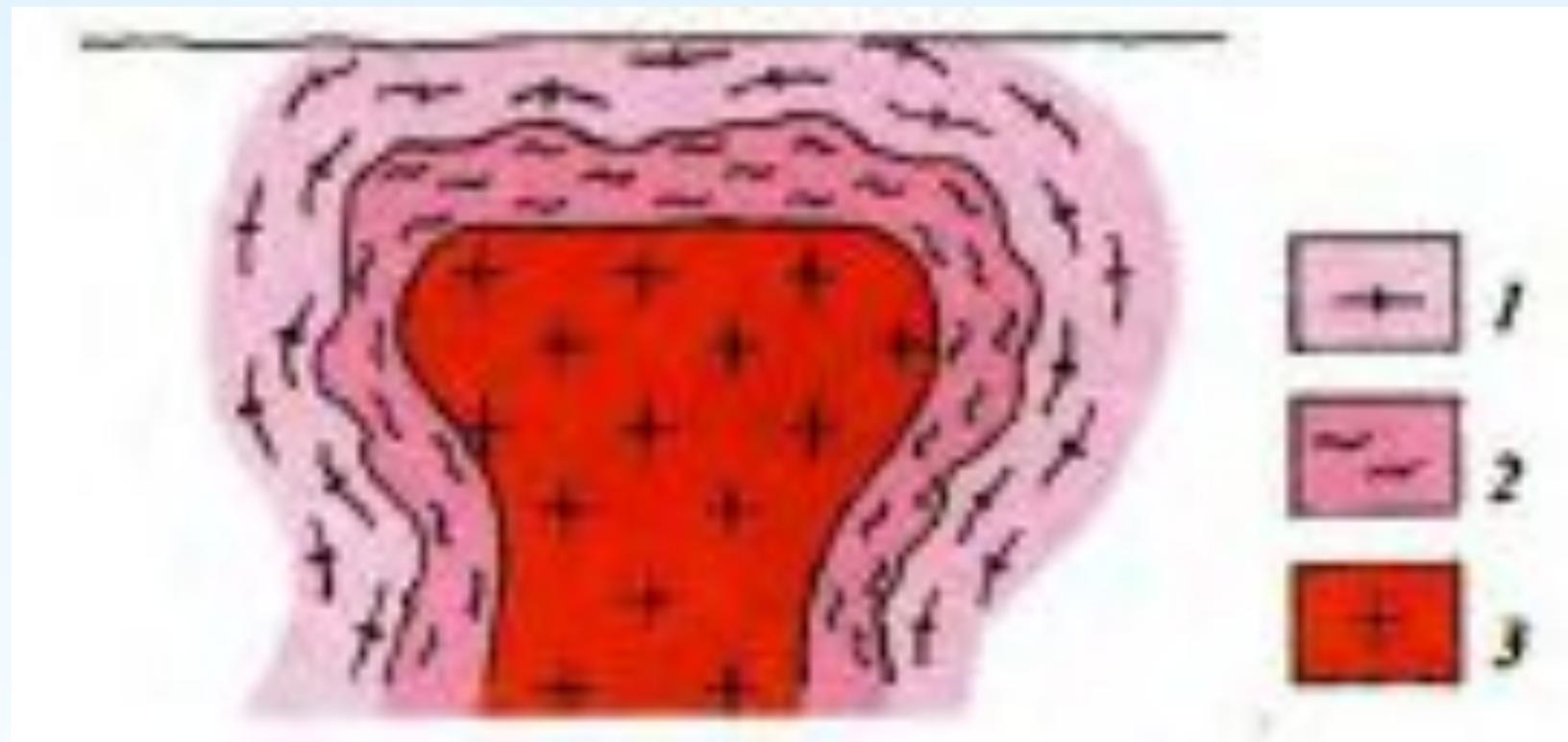
К глубинным относятся **складки пластичного течения** горных пород в условиях метаморфизма. Они отличаются небольшими размерами; они разнопорядковые, дисгармоничные. По морфологии это наклонные, опрокинутые, лежачие, иногда ныряющие складки. Часто в их формировании принимают участие не только исходные метаморфические породы, но и гранитизирующий материал. Более подробно эти складки будут рассмотрены в главе, посвященной условиям залегания метаморфических пород.



Глубинные метаморфические складки, часто мелкие, с субгоризонтальной осевой поверхностью:

1 — амфиболиты; 2 — кристаллические сланцы; 3 — гнейсы

Другая разновидность глубинных складок, значительно более крупных, нежели складки пластичного течения, — **гранито-гнейсовые купола**. В плане они выделяются как купольные структуры, в центральной части которых находится ядро, сложенное гранитами (рапакиви). Ядро окружено гранито-гнейсами, далее могут идти кристаллические сланцы, амфиболиты, гнейсы. Степень метаморфизма увеличивается с приближением к ядру купола. Основная причина образования подобных складок — ультраметаморфизм с образованием гранитных расплавов, более легких, чем окружающие метаморфические породы. За счет этого (плотностной инверсии) легкий расплав гранитного состава поднимается (всплывает), деформируя окружающие породы и подвергая их тепловому воздействию.

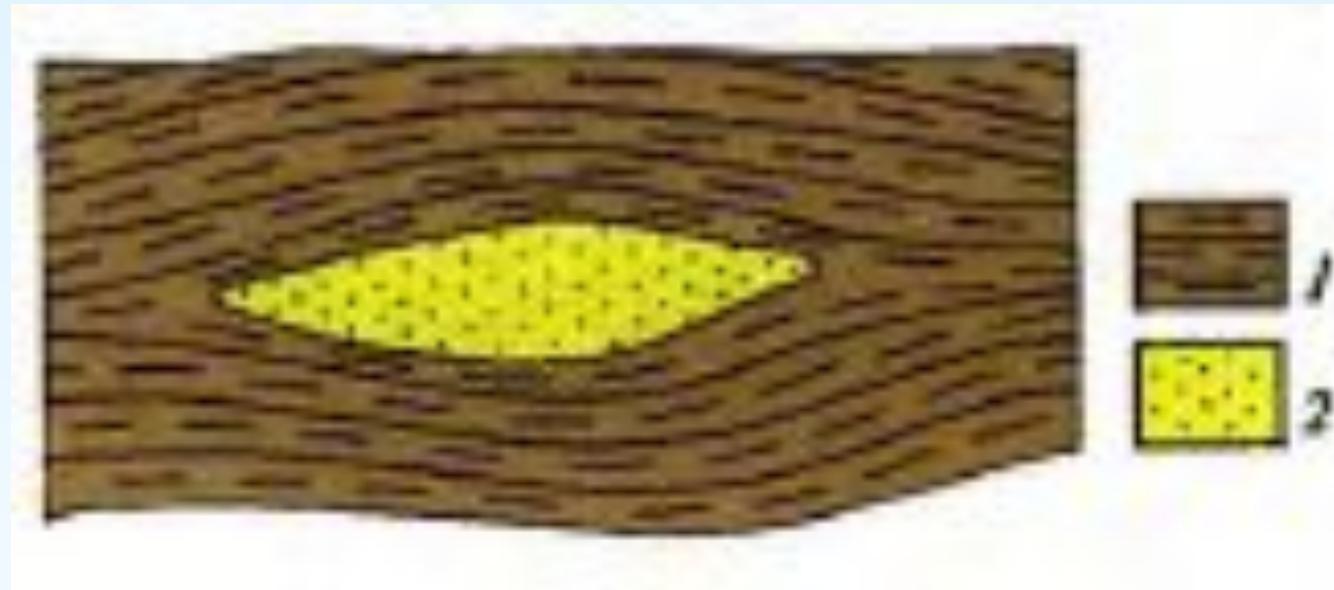


Антиклинальная купольная складка в метаморфических породах, получившая название **гранито-гнейсового купола**:

1 — кристаллические сланцы; 2 — гнейсы; 3 — гранит

2. Экзогенные складки своим образованием обязаны экзогенным процессам. К числу таких складок относятся следующие виды.

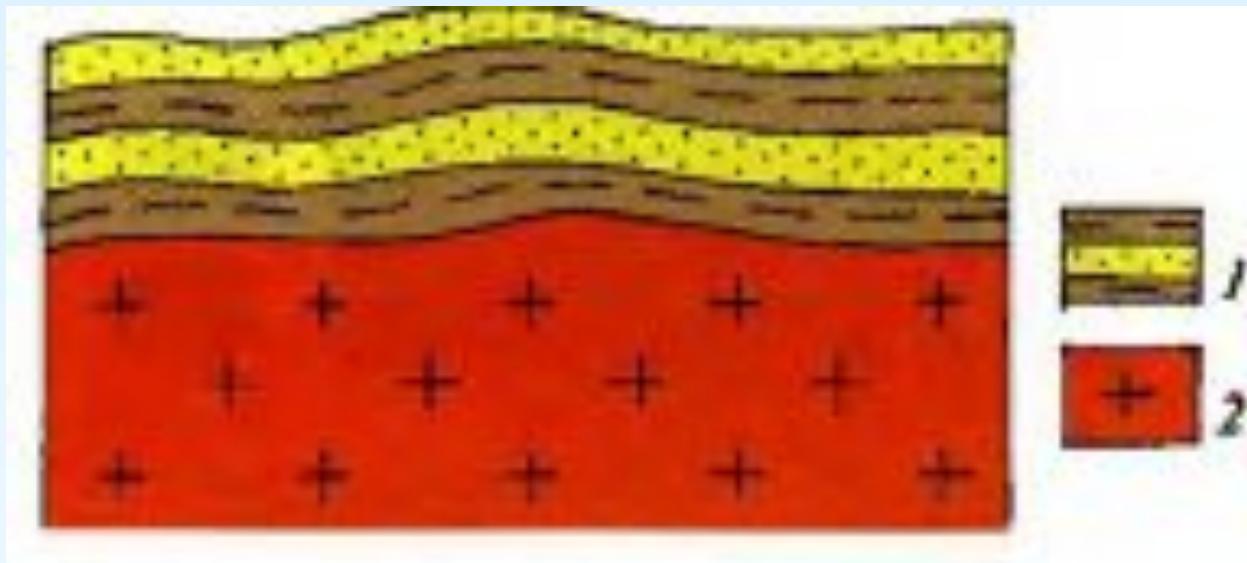
Складки уплотнения. Они связаны с диагенезом (процессом превращения осадка в горную породу). В результате данного процесса происходит обезвоживание породы, ее уплотнение, перекристаллизация. Диагенез сопровождается уменьшением объема породы. Для разных по составу осадков это уменьшение будет разным. Так, глины за счет обезвоживания и перекристаллизации теряют значительно больший объем, нежели пески. При наличии в исходном осадке песчаной линзы мы будем наблюдать, как, уменьшившись в объеме, глины будут облекать линзу песка.



Складка уплотнения:

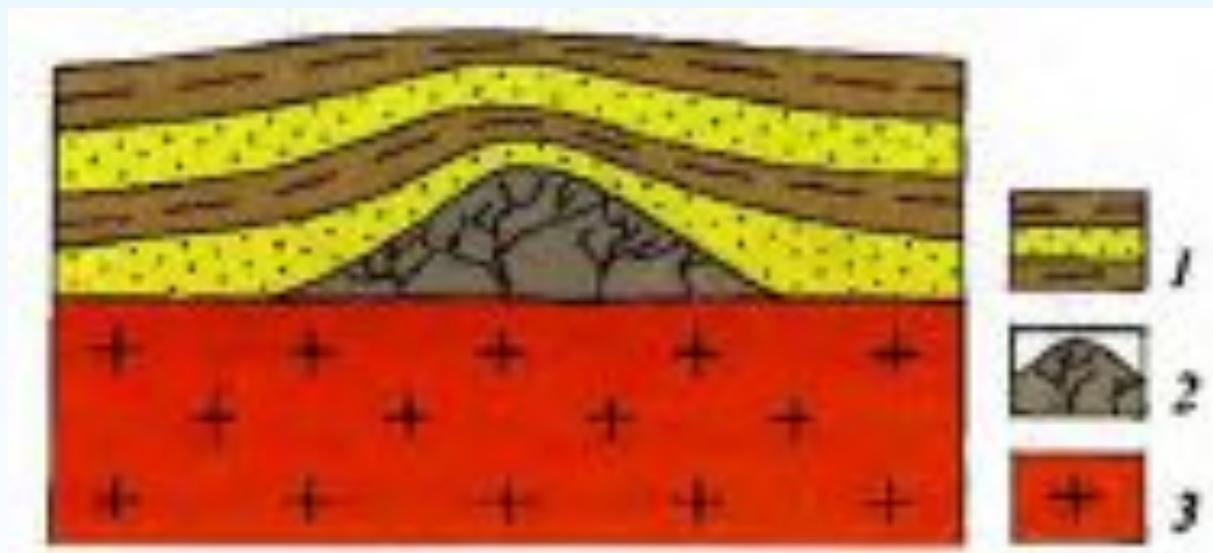
1 — глины; 2 — пески

Складки облекания. Образуются при выпадения осадка на неровное волнистое дно водоема. При этом осадок будет повторять волнообразные изгибы дна, образуя тем самым складки. Второй причиной образования складок облекания могут быть биогермы — органические постройки на морском дне. На стадии формирования, органические постройки возвышаются над морским дном, образуют положительные формы подводного рельефа. При отмирании постройка постепенно покрывается слоем осадков, которые облекают ее, образуя при этом волнообразный изгиб — складку.



Складки облекания фундамента:

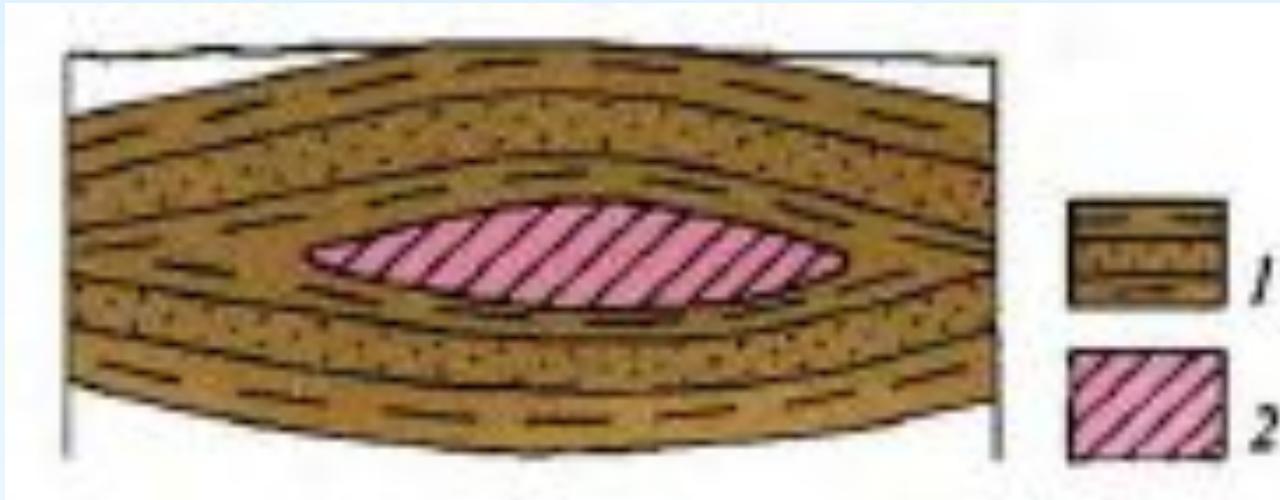
1 — слоистая осадочная толща; 2 — фундамент (основание, на котором накапливаются осадки)



Складка облекания слоистой толщей органической постройки:

1 — слоистая осадочная толща; 2 — органическая постройка; 3 — фундамент

Складки разбухания. Они образуются в том случае, если есть породы, способные сильно увеличивать свой объем. Так, при наличии в породе прослоя или линзы ангидрита, образовавшегося в условиях засушливого климата, последний может превратиться в гипс и увеличиться в объеме при доступе к нему подземных вод. В этом случае мы увидим, что окружающие породы будут облекать линзу гипса. Аналогичная складка может образоваться в зоне вечной или сезонной мерзлоты, если есть линза верховодки в верхнем слое грунта. При замерзании вода увеличивается в объеме и образуется гидролакколит.



Складка разбухания:

1 — слоистая осадочная толща; 2 — гипс



Складка разбухания:

1 — слоистая осадочная толща, 2 — замерзшая вода (лед)

Складки выпирания. Образуются, когда в результате эрозионных процессов определенный объем пород разрушен и унесен с места своего первоначального залегания. В результате на нижележащие и окружающие породы давление уменьшается, и они приподнимаются.

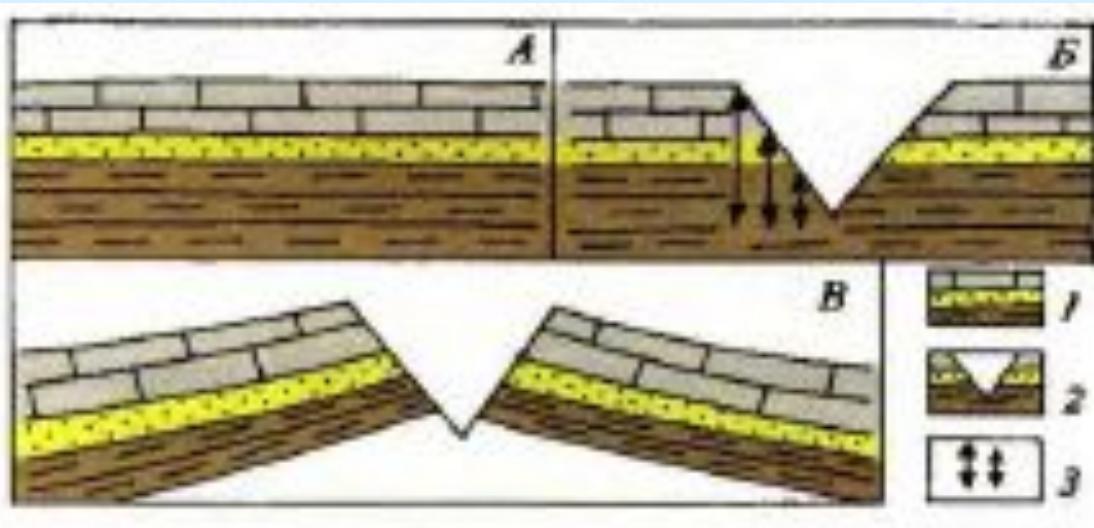
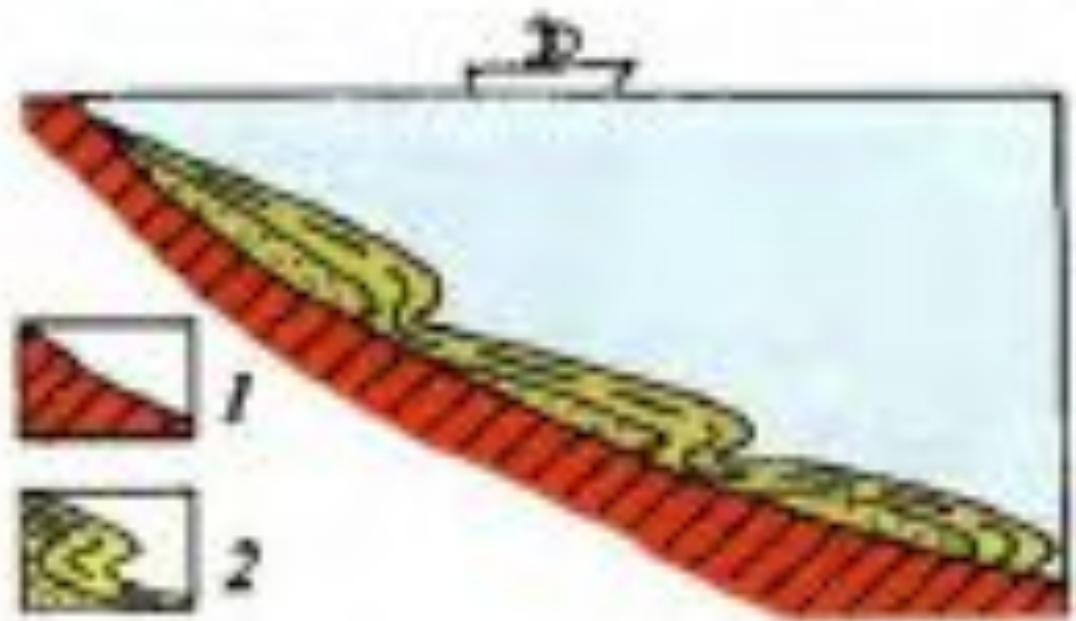


Схема образования складок выпирания:
А — ненарушенная эрозионными процессами толща пород; Б — врезанная в толщу пород речная долина; В — складка выпирания в слоистой осадочной толще. 1 — слоистая осадочная толща; 2 — речная долина; 3 — величина давления на породы основания речной долины

Подводно-оползневые складки. Образуются на наклонном дне водоемов, когда накопившийся на нем слой осадков под действием определенных причин (например, сейсмических толчков) сползает вниз по склону, образуя дисгармоничные складки.



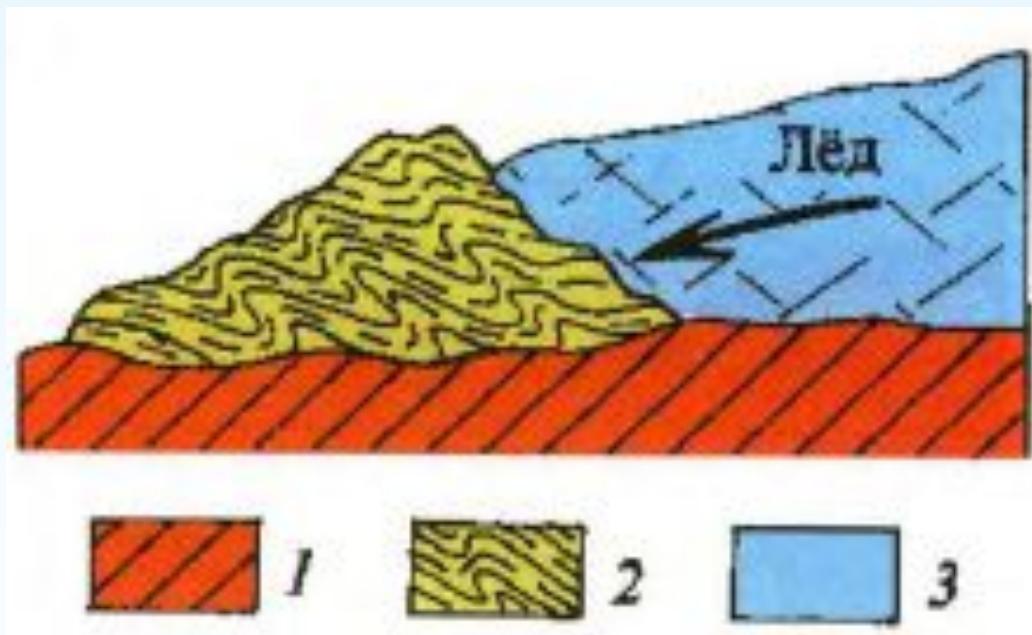
Подводно-оползневые складки:
1 — дно осадконакопления; 2 — сползающий вниз по склону осадок

Складки оседания. Они образуются, когда в нижележащих (подстилающих) породах появляются полости (карстовые пустоты, например). Над сформировавшимися пустотами вышележащие породы проседают, образуя в этом месте складки оседания.



Песчано-глинистая толща в результате ее проседания над карстовой полостью в известняках деформирована и образует синклиналиальную складку

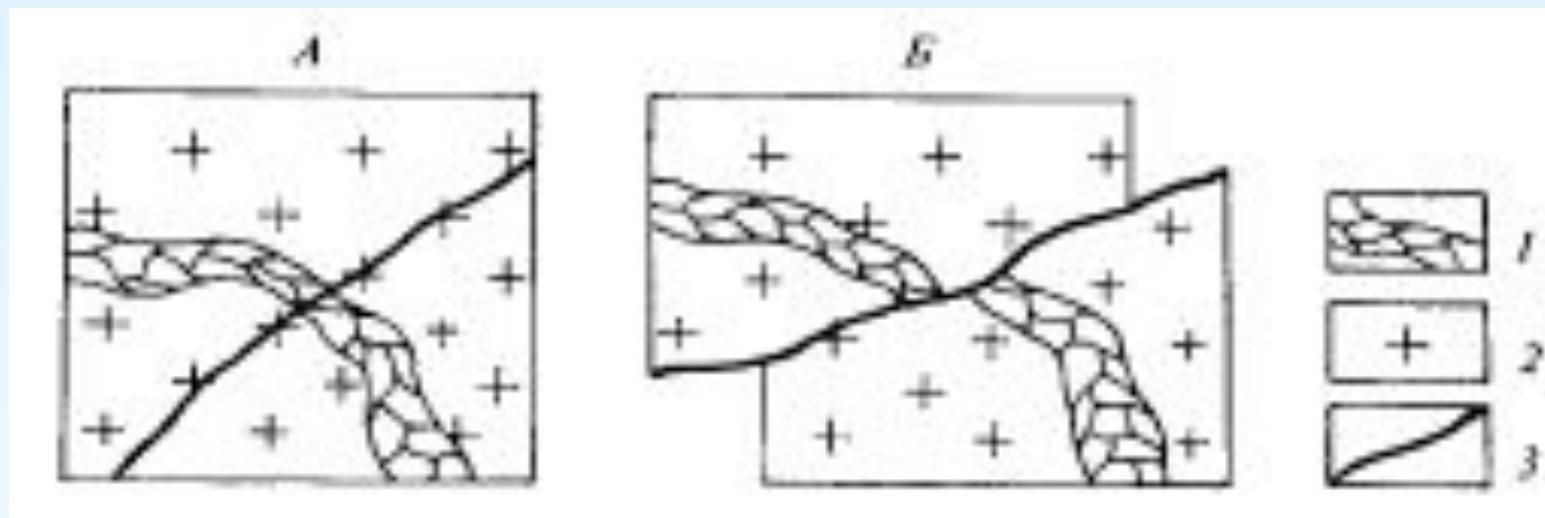
Складки гляциодислокаций. Это складчатые деформации в четвертичных породах, возникшие под напором масс льда при движении ледника.



Складки гляциодислокаций.

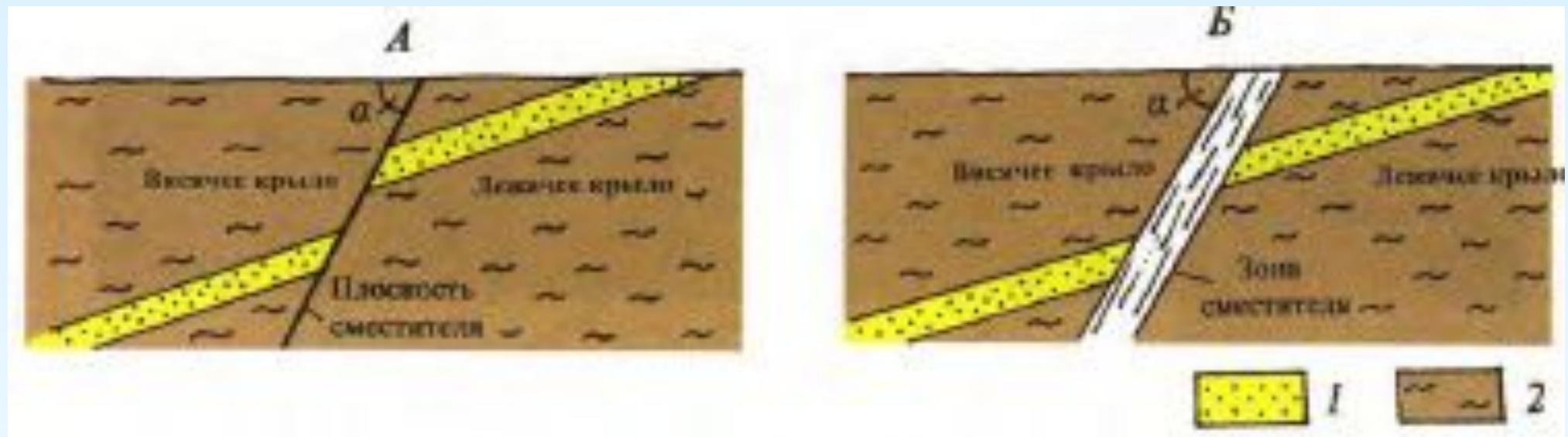
1 – твердые породы – основание, по которому движется ледник; 2 – смятые в складки мягкие (песчано-глинистые) породы; 3 - лед

Разрывы — это нарушения сплошности пород при деформирующих силах, превышающих предел их прочности. Разрывы разбивают породы на блоки. Если блоки не перемещаются относительно друг друга или смещаются на небольшие расстояния (миллиметры — несколько сантиметров), то такие *разрывы называют без смещения, или трещинами*. Если блоки смещаются относительно друг друга на значительные расстояния (метры, километры и более), то говорят о *разрывах со смещением*. Деформации пород, сопровождающиеся нарушением их сплошности и образованием разрывов, получили название *дизъюнктивных дислокаций (деформаций)*.



Граниты (2) с жилой кварца (1) пересекаются разрывом (3):

А - без смещения (трещиной); Б - со смещением (разрывным нарушением)



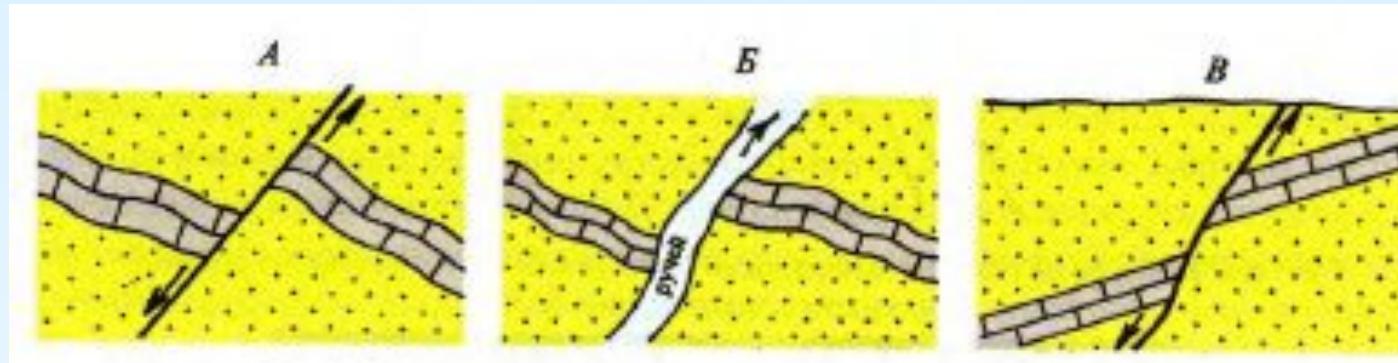
Строение разрывных нарушений: висячее и лежащее крылья:

А — сместитель представлен плоскостью; Б — сместитель представлен зоной нарушения сплошности пород; a — угол наклона сместителя. 1 — песчаники; 2 — аргиллиты

ПРЯМЫЕ ПРИЗНАКИ РАЗРЫВОВ СО СМЕЩЕНИЕМ

Прямые признаки — это отдельные проявления на местности разрывных нарушений, скрытых на глубине. Они часто однозначно указывают на наличие разрывных нарушений. К ним относятся следующие.

1. **Резкое смещение геологических границ** вдоль определенного направления трудно объяснить какими-либо особенностями залегания пород кроме смещения их по разрывным нарушениям.



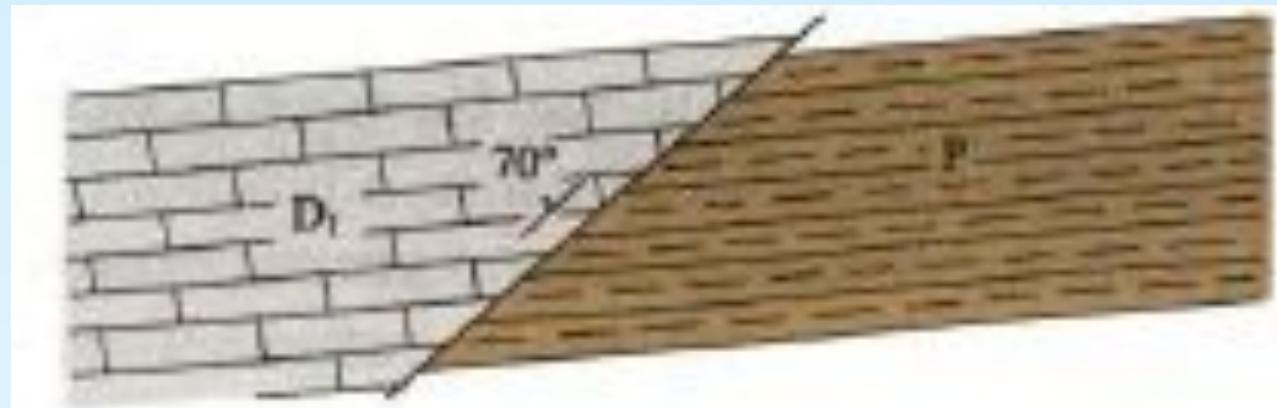
А- нарушение выходит на поверхность (план); Б- нарушение скрыто руслом реки (план);
В- смещение границ пород в разрезе

2. **Наличие в породах зеркал и борозд скольжения, ступенчатых поверхностей**



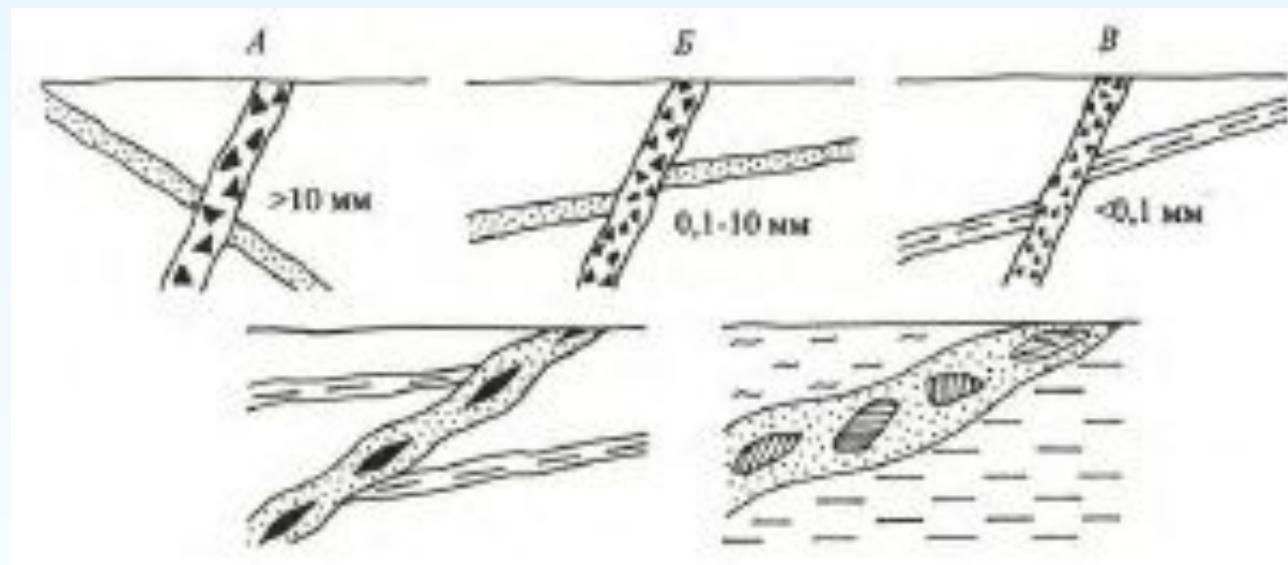
Борозды на гладкой поверхности скольжения (А);
ступенчатое строение поверхности скольжения (Б)

3. Прямолинейные контакты между породами, резко отличающимися по возрасту, составу или степени метаморфизма



Прямолинейный контакт между породами, резко отличающимися по возрасту (раннедевонскими известняками и пермскими аргиллитами) и составу указывает на его тектоническую природу. Породы контактируют по разрывному нарушению, падающему на северо-запад под углом 70°

4. Наличие тектонитов — деформированных и раздробленных пород в зонах разрывов.

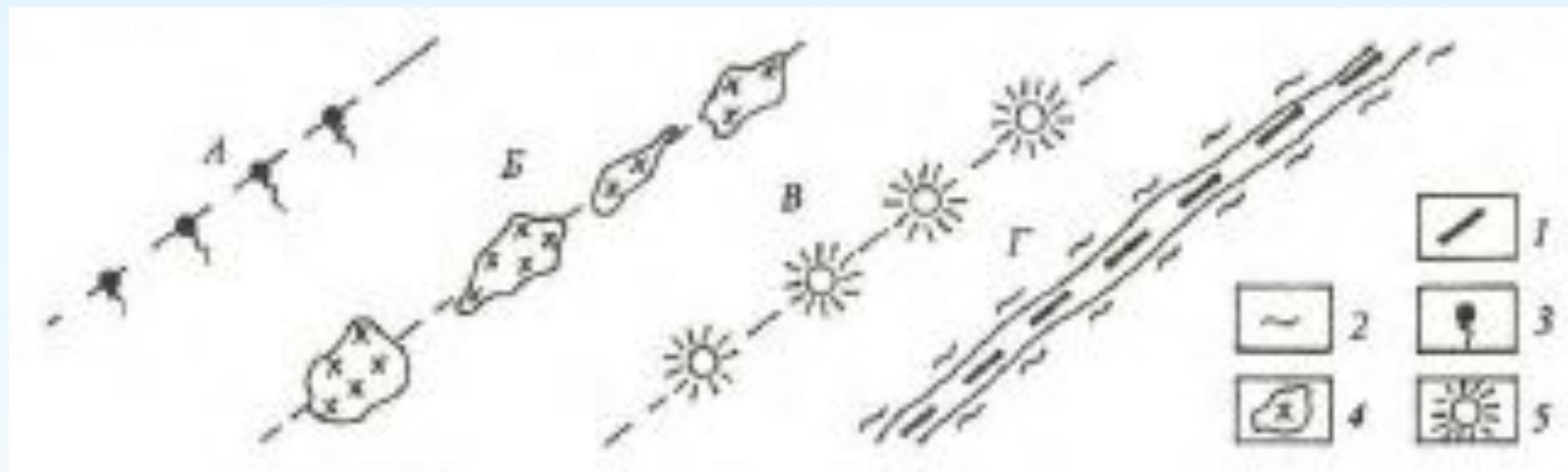


Зоны разрывных нарушений, представленные:

А — тектоническими брекчиями; Б — катаклазитами; В — милонитами; Г — бластомилонитами; Д — хаотическими комплексами. На рисунке разрывное нарушение смещает слои песчаников и аргиллитов

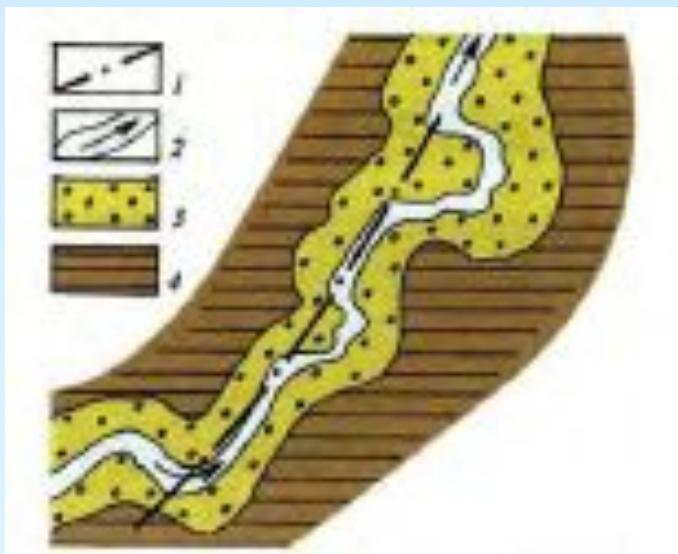
КОСВЕННЫЕ ПРИЗНАКИ РАЗРЫВОВ СО СМЕЩЕНИЕМ

К косвенным признакам относятся особенности строения и расположения геологических тел, вызванные разрывными нарушениями, не выраженными на дневной поверхности. К таковым относят прямолинейное расположение геологических тел, поскольку разрывные нарушения, особенно крутопадающие, в плане имеют относительно прямолинейные очертания и отличаются повышенной проницаемостью для подземных вод и магматических расплавов. В качестве примеров можно рассматривать линейное расположение источников подземных вод; линейное расположение интрузивных тел и зон повышенного теплового потока (вулканы); линейное расположение зон высокоградиентного метаморфизма; прямолинейные участки речных долин, геофизические признаки: зоны повышенной проводимости и др.



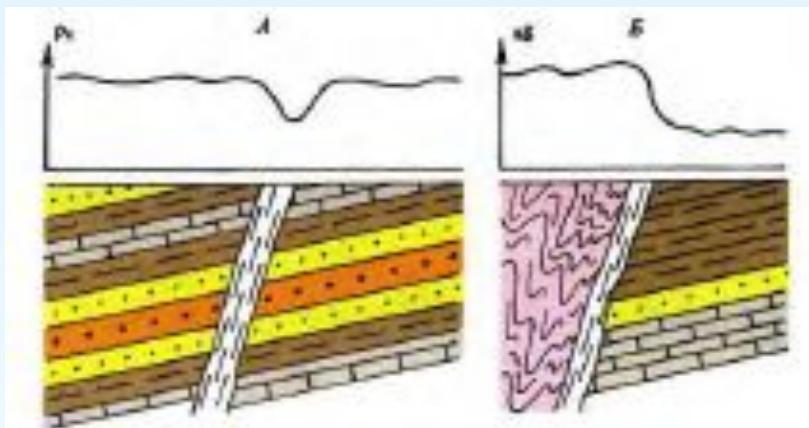
Косвенные признаки разрывных нарушений:

А — линейное расположение источников подземных вод; Б — линейное расположение интрузивных тел; В — зоны повышенного теплового потока (вулканы); Г — линейное расположение зон высокоградиентного (быстро изменяющегося) метаморфизма. 1 — породы высоких фаций метаморфизма; 2 — породы низких фаций метаморфизма; 3 — родники; 4 — интрузивные тела; 5 — вулкан



Прямолинейные участки русла реки указывают на возможное наличие разрывного нарушения:

1 — предполагаемое разрывное нарушение; 2 — русло реки; 3 — аллювиальные отложения; 4 — коренные породы



Геофизические признаки разрывных нарушений:

А - низкое кажущееся электрическое сопротивление пород (P_k) над зонами разрывных нарушений;

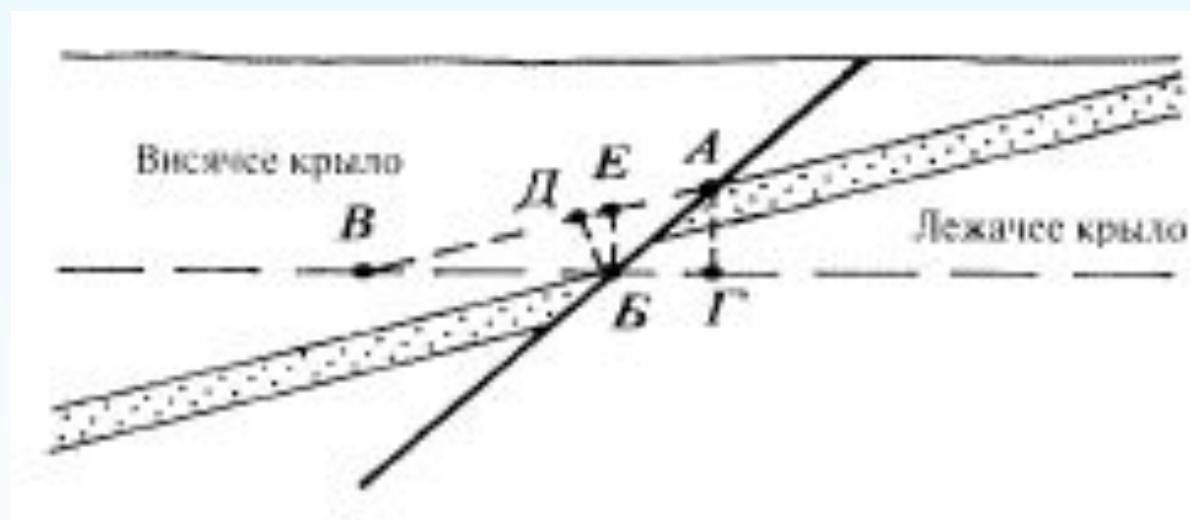
Б - граница по разлому блоки горных пород резко отличаются по значениям гравиметрического поля (A_g). На границе таких блоков образуется линейная аномалия, которая получила название гравиметрической ступени

КЛАССИФИКАЦИЯ РАЗРЫВОВ СО СМЕЩЕНИЕМ

Разрывные нарушения классифицируются по многим признакам, в число которых входят: относительное положение крыльев разлома; положение плоскости, в которой происходит перемещение крыльев; угол наклона сместителя; взаимоотношение простирания зоны разрывного нарушения и простирания пород и др. Наиболее существенными из них являются первые два. По этим критериям выделяют следующие разрывные нарушения: сбросы, взбросы, сдвиги, надвиги, раздвиги, тектонические покровы или шарьяжи, групповые разрывы (ступенчатые сбросы, грабены, горсты и др.).

СБРОСЫ И ВЗБРОСЫ

Под сбросами и взбросами понимают разрывные нарушения, как правило, с крутопадающей поверхностью сместителя. Относительные перемещения крыльев (блоков) при этом происходят в вертикальной или близкой к ней плоскости. Под **сбросами** понимают разрывные нарушения, у которых поверхность сместителя наклонена в сторону опущенного крыла (висячее крыло опущено), а под **взбросом** — разломы, у которых сместитель наклонен в сторону приподнятого крыла (висячее крыло приподнято).



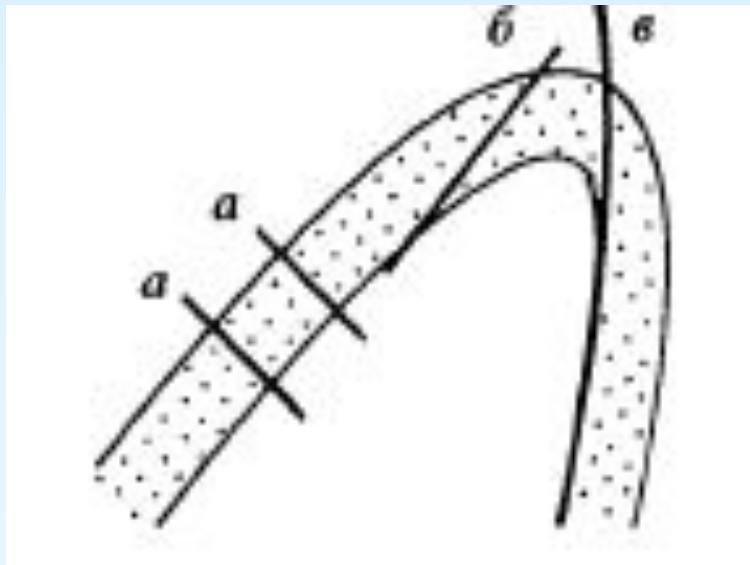
Элементы строения сбросов:

АБ - амплитуда по сместителю, АГ — вертикальная амплитуда, БГ — горизонтальная амплитуда, БД -- стратиграфическая амплитуда, БЕ вертикальный отход, ВГ — горизонтальный отход.

Сбросы по амплитуде смещения делятся на малоамплитудные — до десятков метров и крупноамплитудные — более сотен метров.

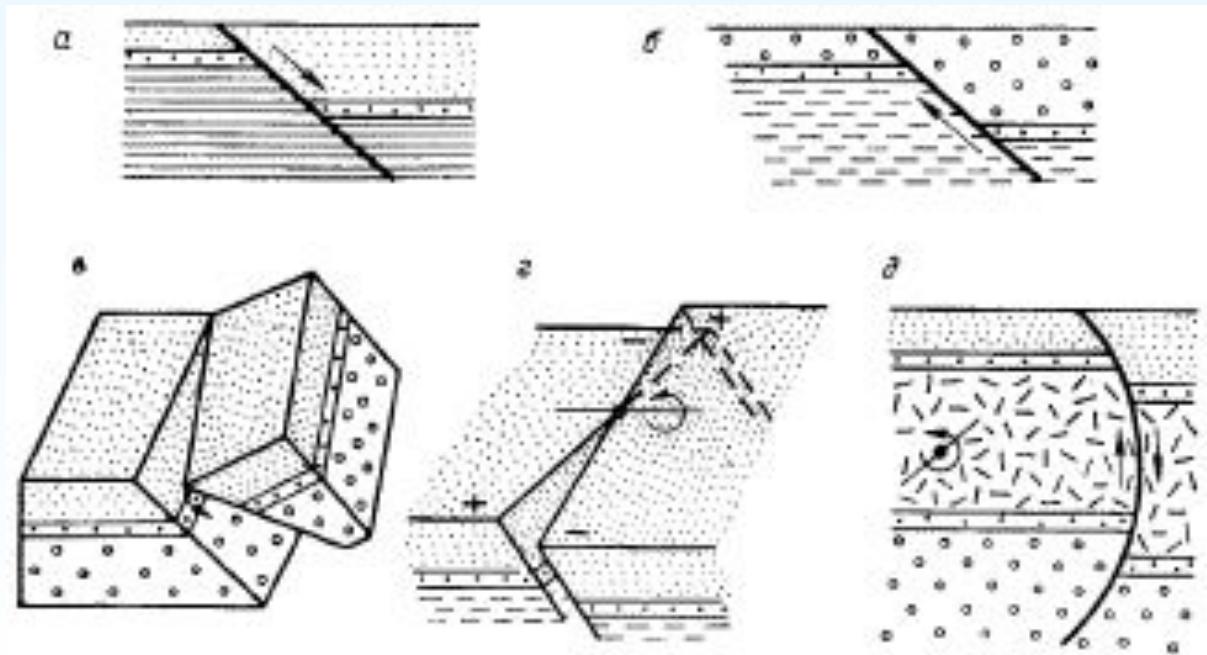
По углу наклона сместителя выделяют сбросы пологие — угол наклона до 30° , крутые — от 30° до 80° и вертикальные — от 80° до 90° .

По отношению к слоистости выделяют: поперечные, продольные и диагональные сбросы



Поперечные (а); диагональные (б); продольные (в) сбросы. Изображение складки и сбросов в плане

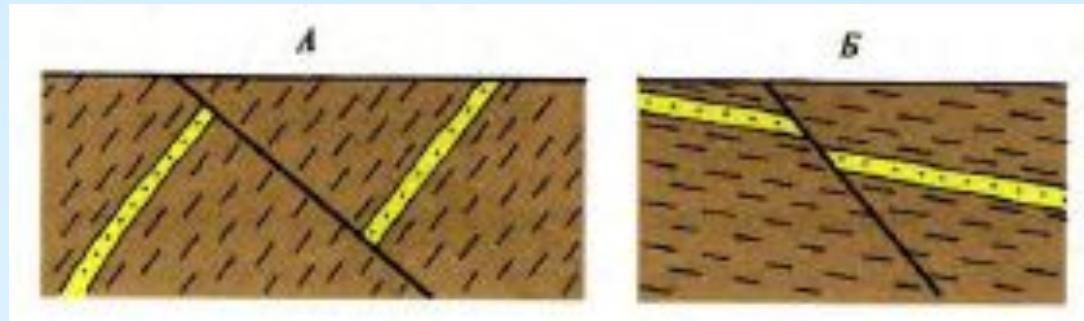
По направлению абсолютного перемещения крыльев выделяют сбросы: прямые и обратные, шарнирные и цилиндрические.



Классификация сбросов (по А. Е. Михайлову) по направлению перемещения крыльев:

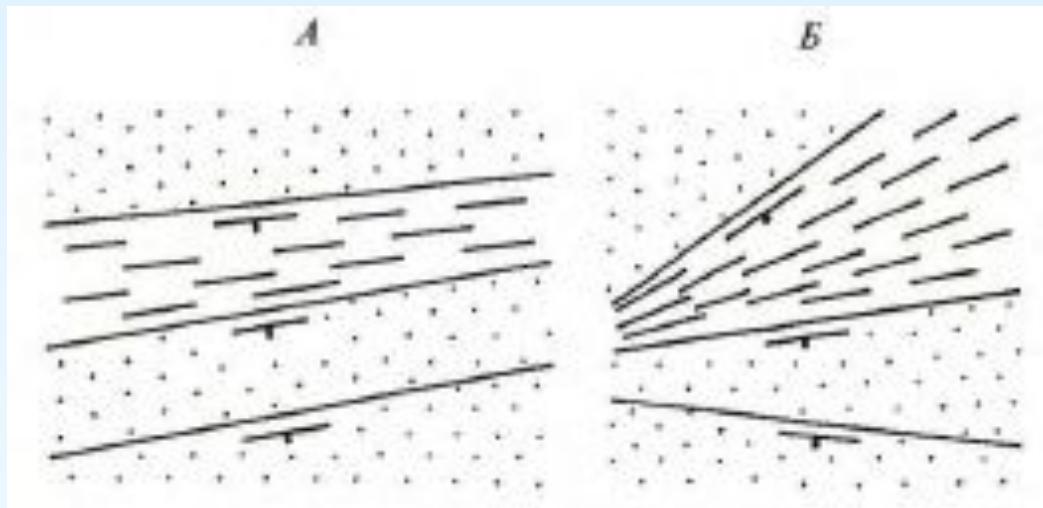
а — прямые; б - обратные; шарнирные: в - с нахождением оси вращения за пределами сброса, г — с нахождением оси вращения в плоскости сместителя в центре сброса; д - цилиндрический

По соотношению падения сместителя и окружающих пород сбросы делят на согласные и несогласные



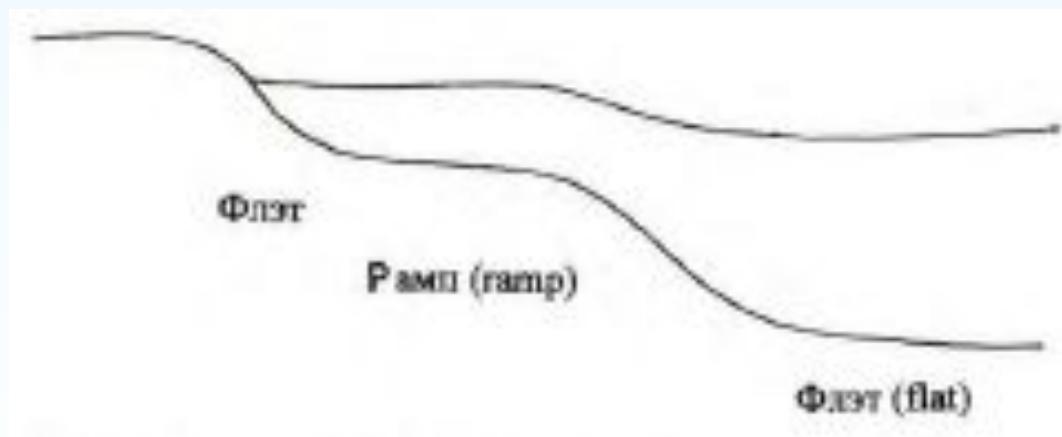
Сбросы несогласные (А) и согласные (Б)

По взаимному расположению в плане различают параллельные, радиальные и перистые сбросы

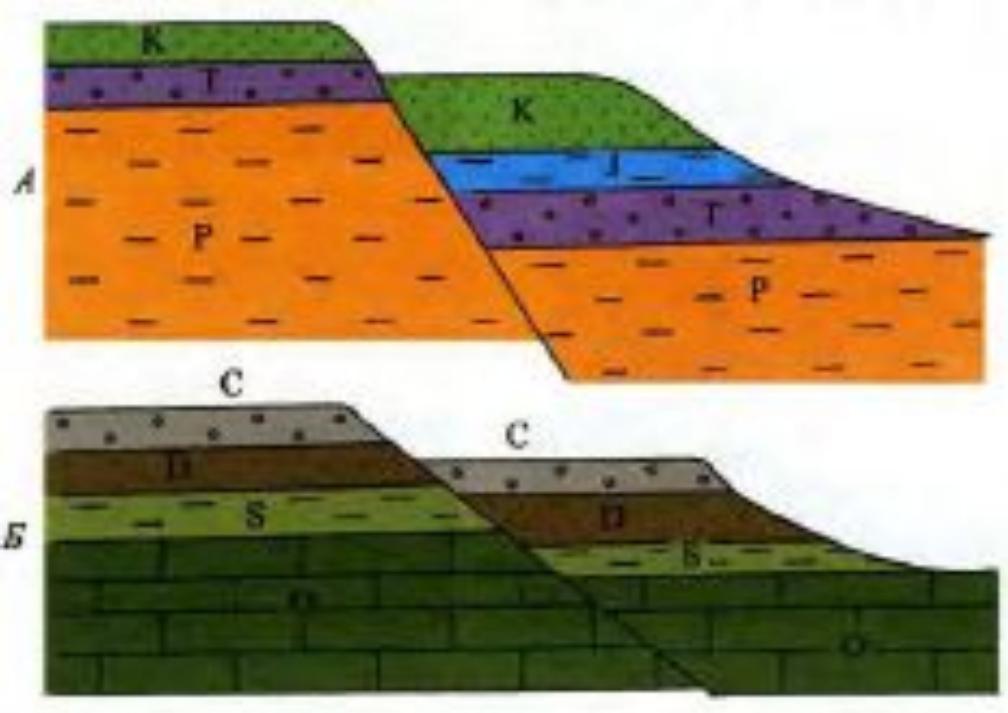


Сбросы параллельные (а) и радиальные (Б)

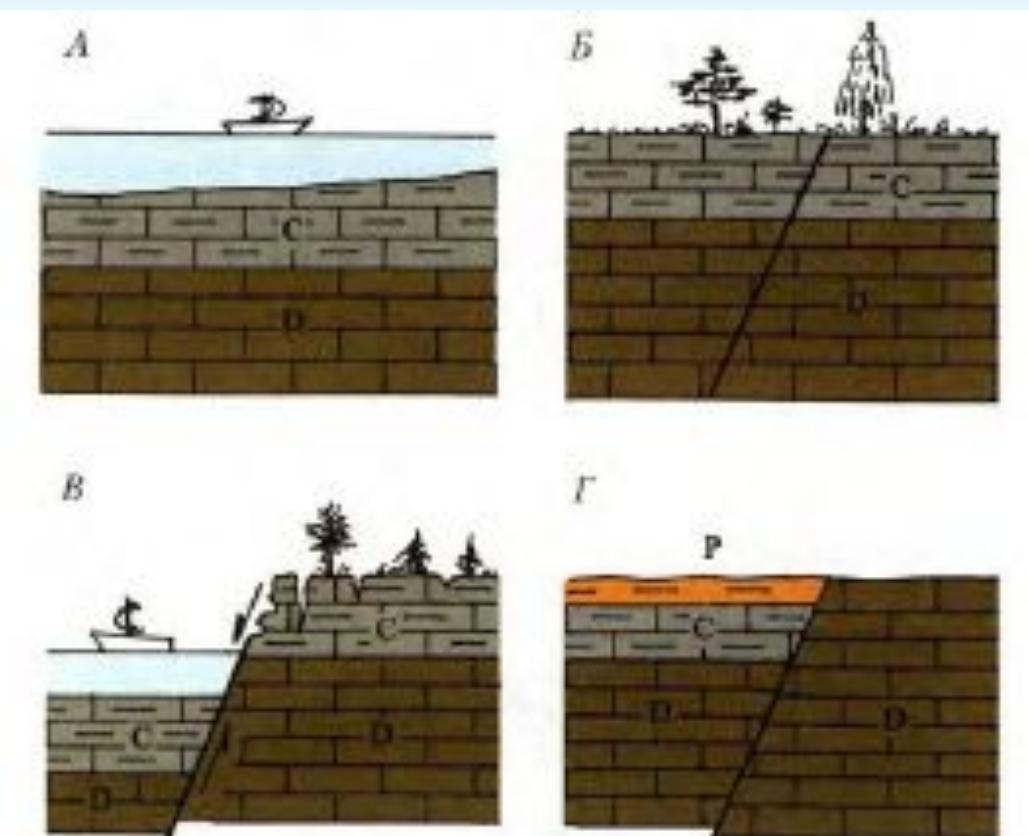
Крутопадающие у поверхности земли сбросы с глубиной выполаживаются и становятся субгоризонтальными. Такие сбросы называют листрическими.



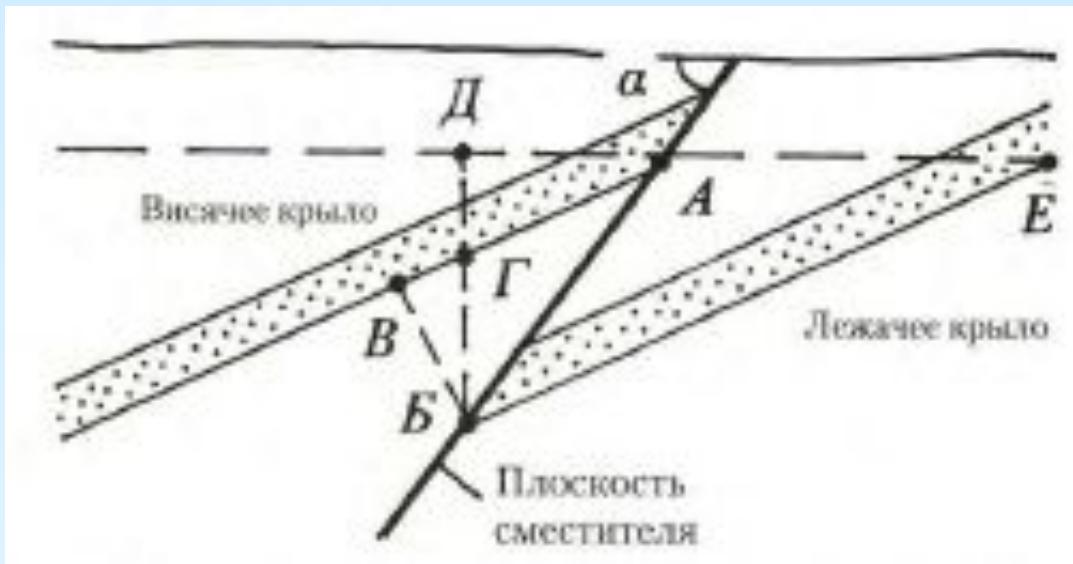
Меняющийся по падению угол наклона сместителя сброса



По отношению к процессу осадконакопления сбросы делят на конседиментационные (А) и постседиментационные (Б). Конседиментационные или растущие сбросы возникают и развиваются параллельно с осадконакоплением. В постседиментационных (наложенных) сбросах мощность пород и их состав в обоих блоках одинаковые.



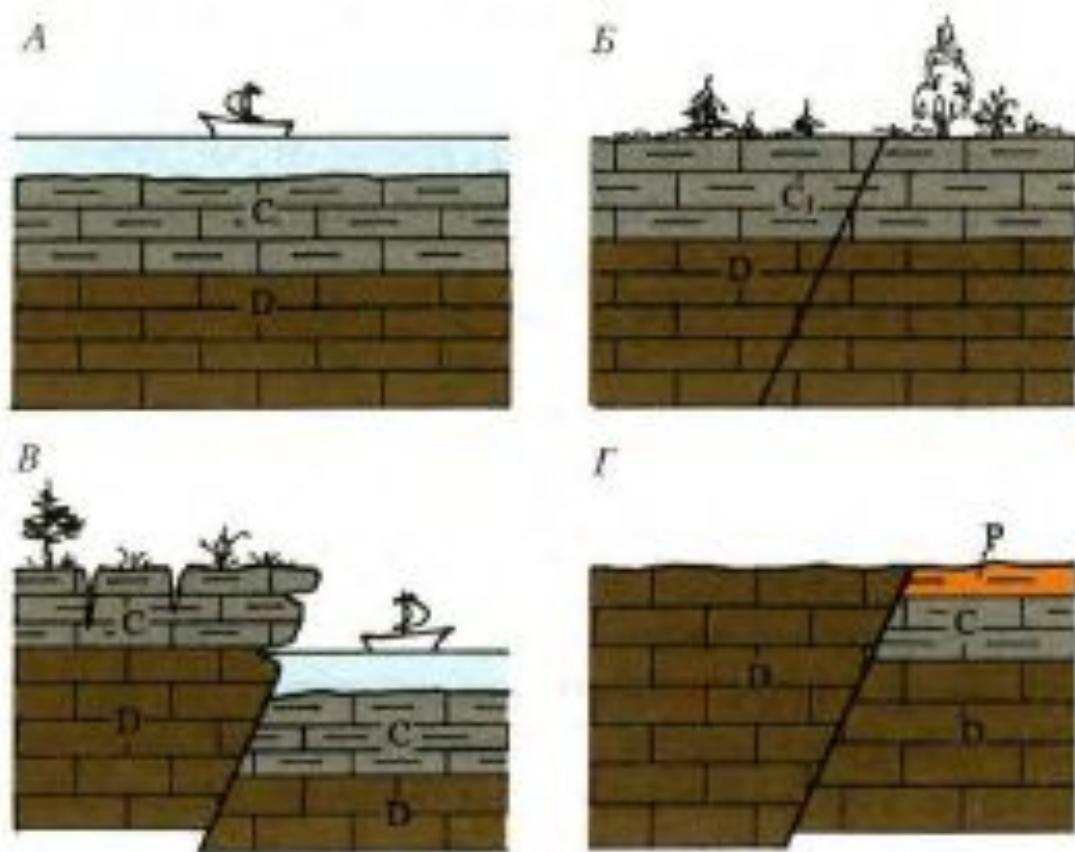
Стадии образования сбросов:
 накопление пород (А);
 нарушение сплошности пород (Б);
 перемещение блоков и образование сброса (В);
 современный вид сброса, образовавшегося в карбоне (Г)



Элементы строения взбросов (по аналогии со сбросами):

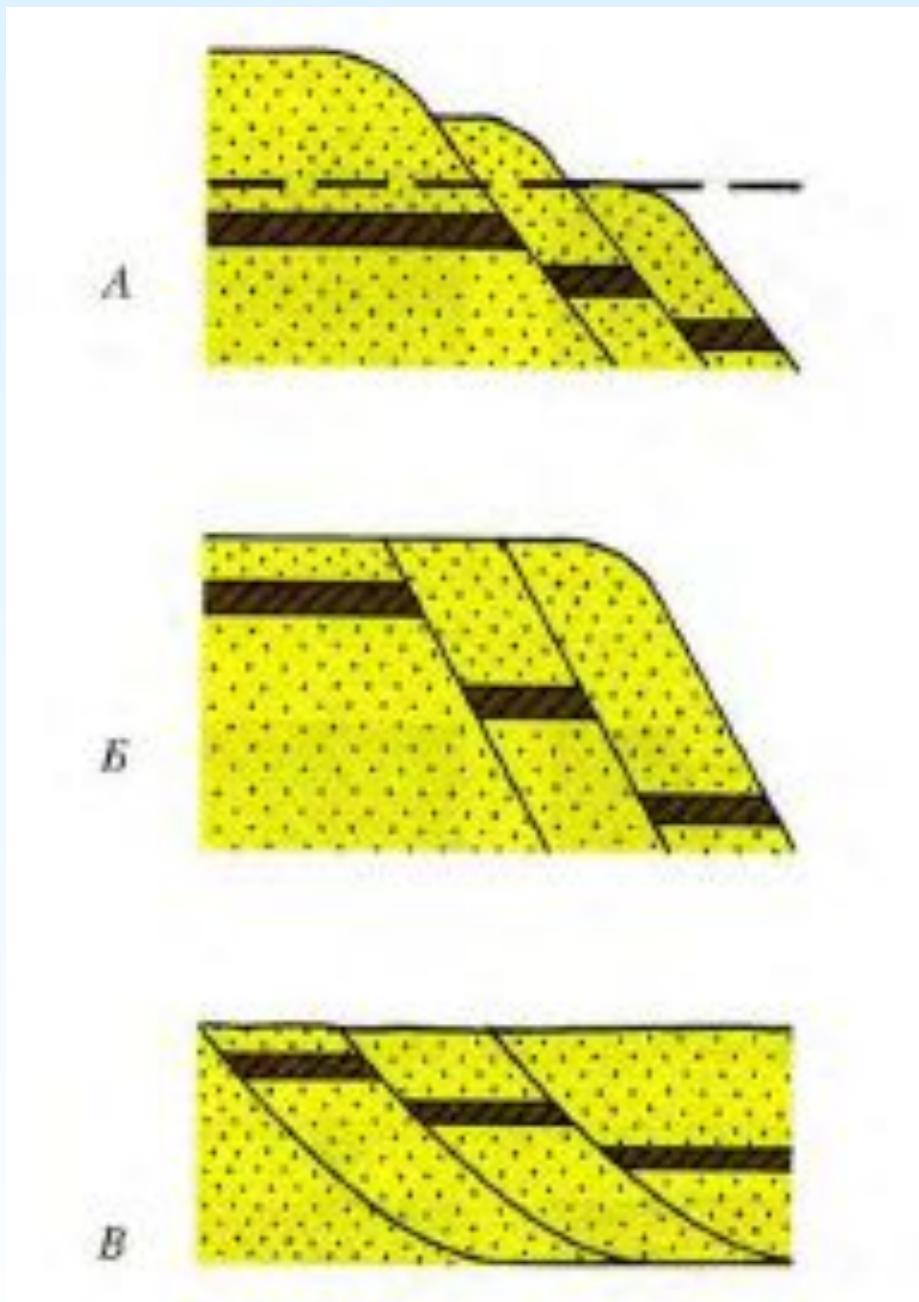
АВ — амплитуда по сместителю; БВ — стратиграфическая амплитуда; БД — вертикальная амплитуда; АД — горизонтальная амплитуда; ДЕ — горизонтальный отход; БГ — вертикальный отход; а — угол наклона сместителя

Если сбросы — результат растягивающих напряжений, то взбросы — результат сжимающих напряжений. Классификация взбросов аналогична классификации сбросов.



Стадии образования взбросов:
 накопление пород (А);
 нарушение сплошности пород (Б);
 перемещение крыльев и образование взброса (В);
 современный вид взброса (Г)

Разрывные нарушения сбросового и взбросового типов могут встречаться не только по одиночке, но и группами. В этом случае есть несколько сместителей, которые разбивают горную породу на отдельные блоки, смещенные относительно друг друга, образуя грабены и горсты. **Ступенчатые сбросы** представляют собой сочетание отдельных сбросов. Молодые ступенчатые сбросы могут образовывать уступы в рельефе и напоминают лестничные ступеньки .



Ступенчатые сбросы: молодые, выраженные в рельефе (А); древние, не проявленные в рельефе (Б); листрические (В)

Грабены — это линейные в плане структуры, образованные системой разрывных нарушений, у которых центральный блок опущен.

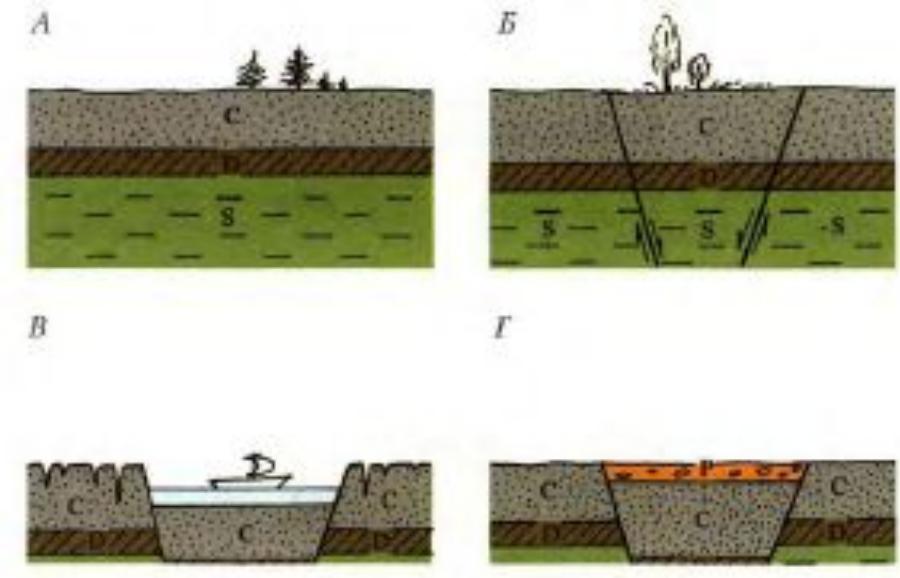
Различают простые и сложные грабены. Первые образуются двумя разрывными нарушениями, а вторые — большим количеством нарушений. По времени образования грабены бывают наложенными (постседиментационными) или развивающимися параллельно с осадконакоплением (конседиментационные).

Системы грабенов регионального или планетарного масштабов, в которых проявлен магматизм, получили название **рифтов**. Выделяют океанические рифты, совпадающие с осевыми частями СОХ (срединно-океанических хребтов). Континентальные рифты располагаются на континентах.

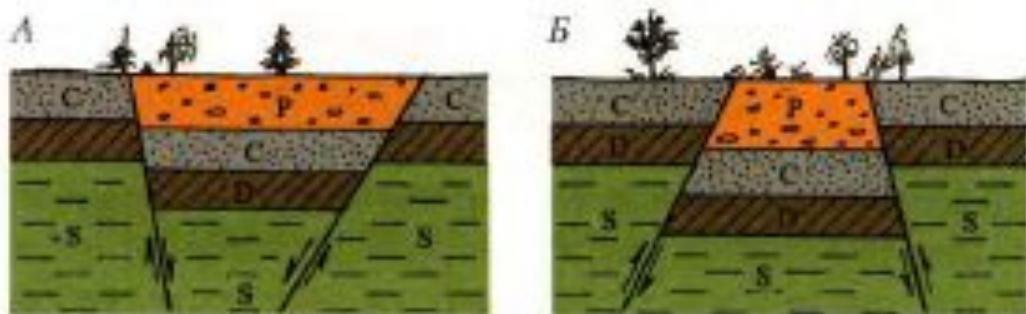
Грабены могут образовываться как системой сбросов, так и системой взбросов. В плане (на геологической карте) грабены узнаются по более молодому возрасту пород в центральном блоке.

Специфическим видом грабенов являются односторонние грабены или полуграбены. Они образуются, когда разрывы наклонены в одну сторону.

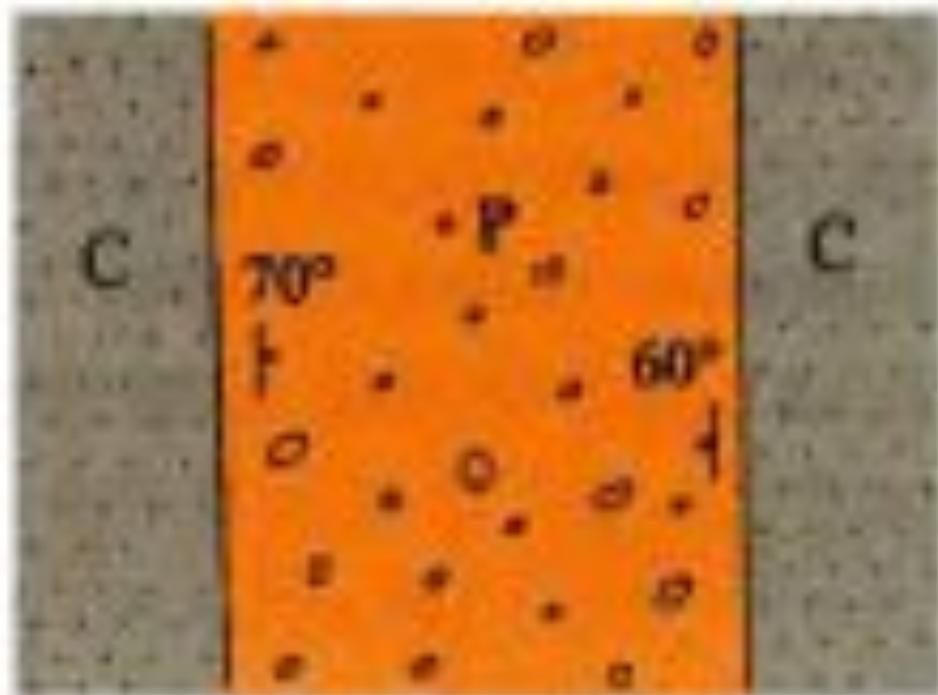
Возникновение грабенов связывают с растяжением отдельных участков земной коры и последующим оседанием их центральных частей. Так образуются грабены в сводах куполов и антиклинальных складок, затухающих обычно на глубине.



Стадии образования грабена: накопление слоистой толщи (А), образование плоскостей сместителя (Б), опускание центрального блока (В), накопление осадков в центральном опущенном блоке и денудация пород в соседних блоках (Г)

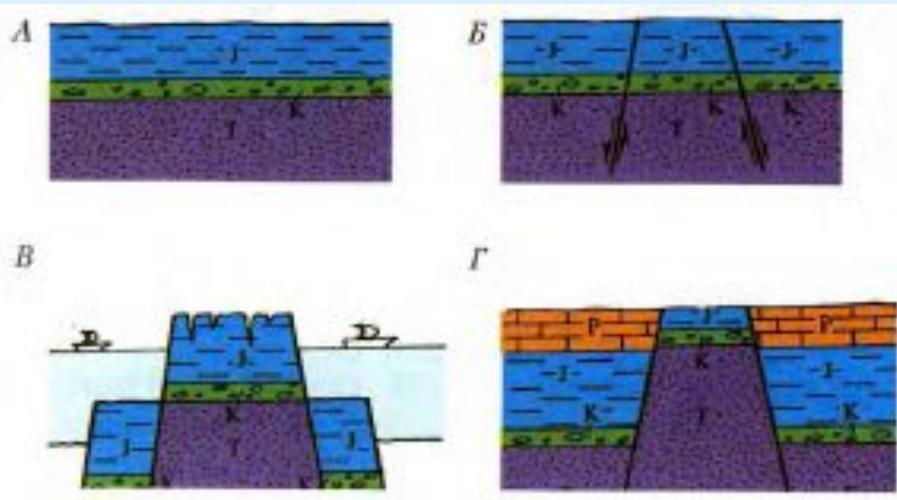


Грабены двух видов: ограниченные сбросами (А) и взбросами (Б)

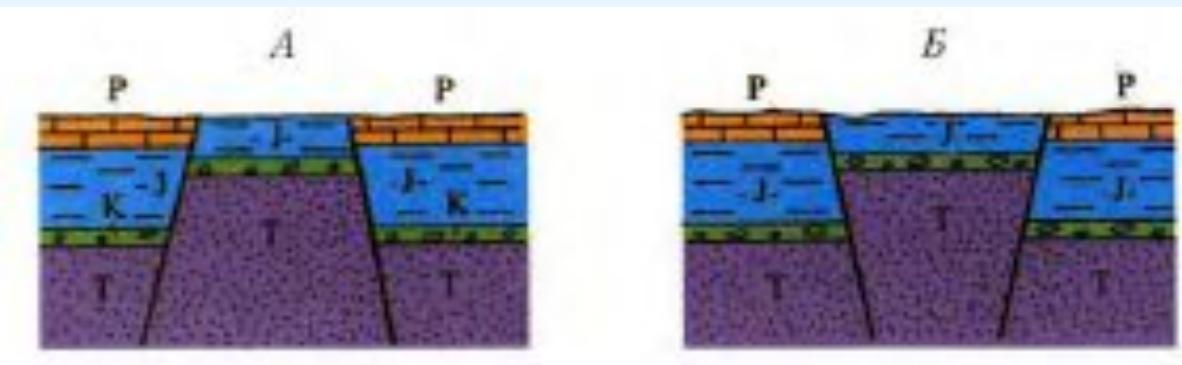


Грабен в плане. Центральный блок опущен, так как в его пределах обнажаются более молодые породы (пермского (Р) возраста), а плечи приподняты, так как сложены более древними отложениями (каменноугольного (С) возраста). Образован грабен системой сбросов, так как опущенный центральный блок является висячим, под него падают разрывные нарушения (на это указывают элементы падения разрывов)

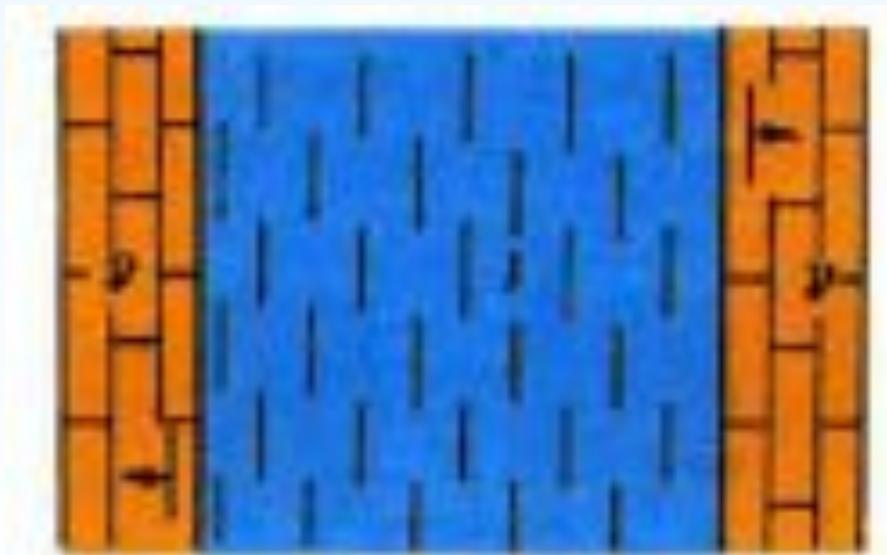
Горсты — линейные в плане структуры, образованные системами разрывных нарушений, у которых центральный блок приподнят. Горсты распознаются на геологических картах по наличию группы параллельных или субпараллельных нарушений, в пределах которых центральный блок будет представлен более древними породами, нежели периферийные. Горсты, как и грабены, могут быть образованы как системой взбросов, так и сбросов.



Стадии формирования горста: накопление слоистой толщи (А); заложение поверхностей сместителя (Б); поднятие центрального блока (В); выравнивание поверхности, денудация центрального блока и накопление слоев более молодых пород по периферии (Г)

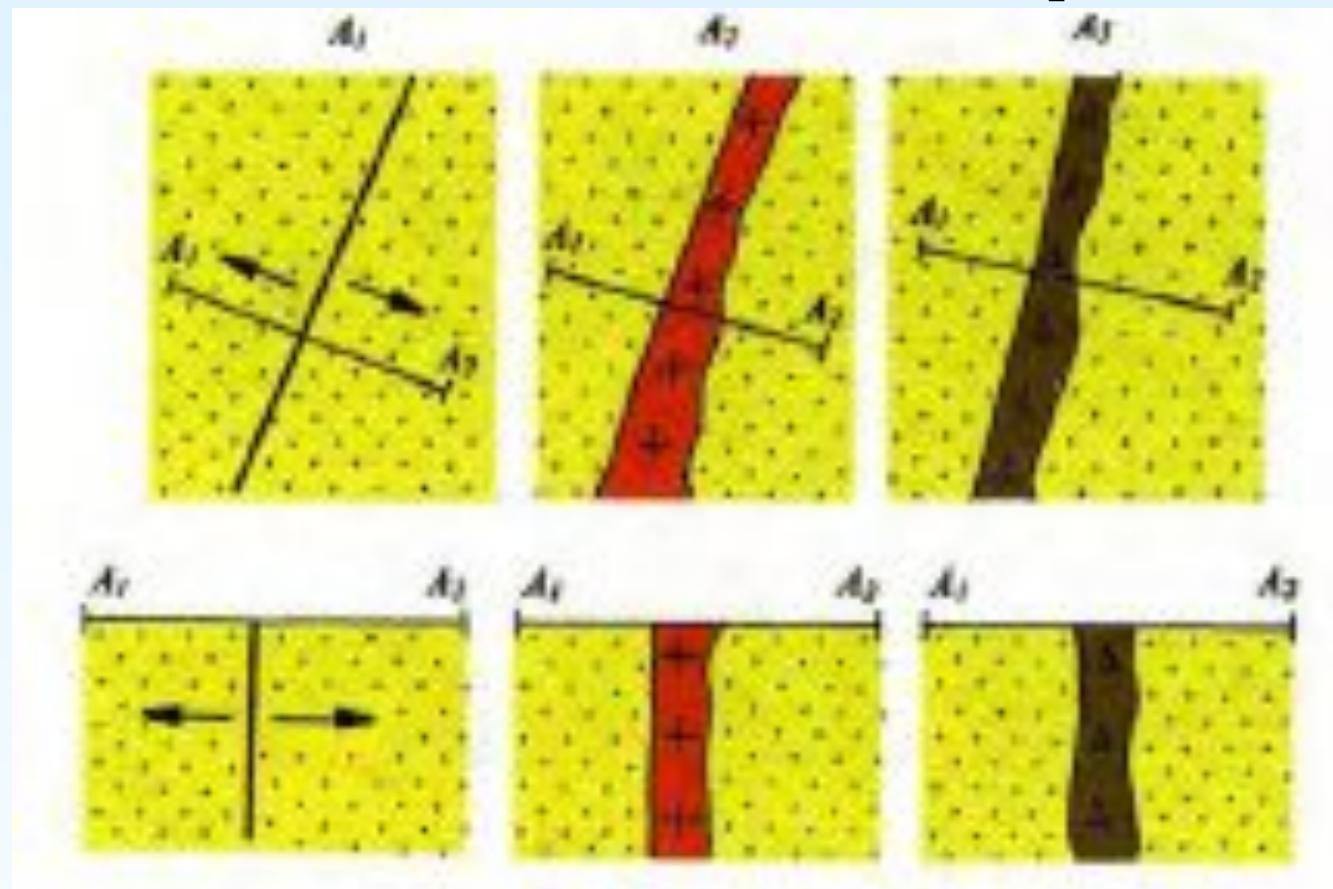


Горсты, образованные системой сбросов (А) и взбросов (Б)



Горст, образованный системой сбросов в плане. Центральный блок горста сложен более древними отложениями (юрской системы) по сравнению с плечами (отложения палеогена)

Раздвиги представляют собой разрывные нарушения, у которых перемещение блоков происходит в направлении, перпендикулярном плоскости отрыва, т. е. в горизонтальной плоскости. При дальнейшем раздвижении стенки разрыва расходятся, и образуется зияющая трещина, пропасть, что можно иногда наблюдать сразу после землетрясений. Зияющие полости часто заполняются поднимающимся с глубины магматическими расплавами с образованием даек — плитообразных магматических тел. В ряде случаев неглубокие раздвиги заполняются сверху обломочным материалом. Такие образования называют кластическими дайками, в отличие от даек магматических пород.

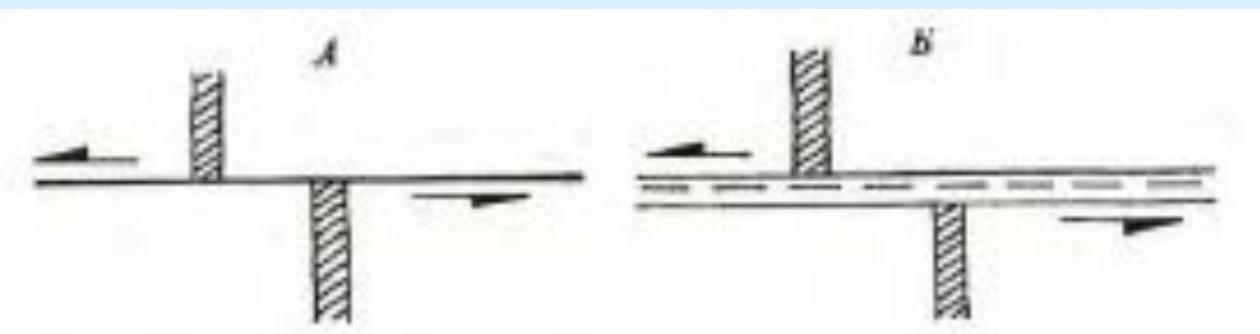


Раздвиги:

A1 — начало образования раздвига (возникновение разлома); A2 — раздвиг, «залеченный» магматической дайкой; A3 — раздвиг, «залеченный» кластической дайкой.

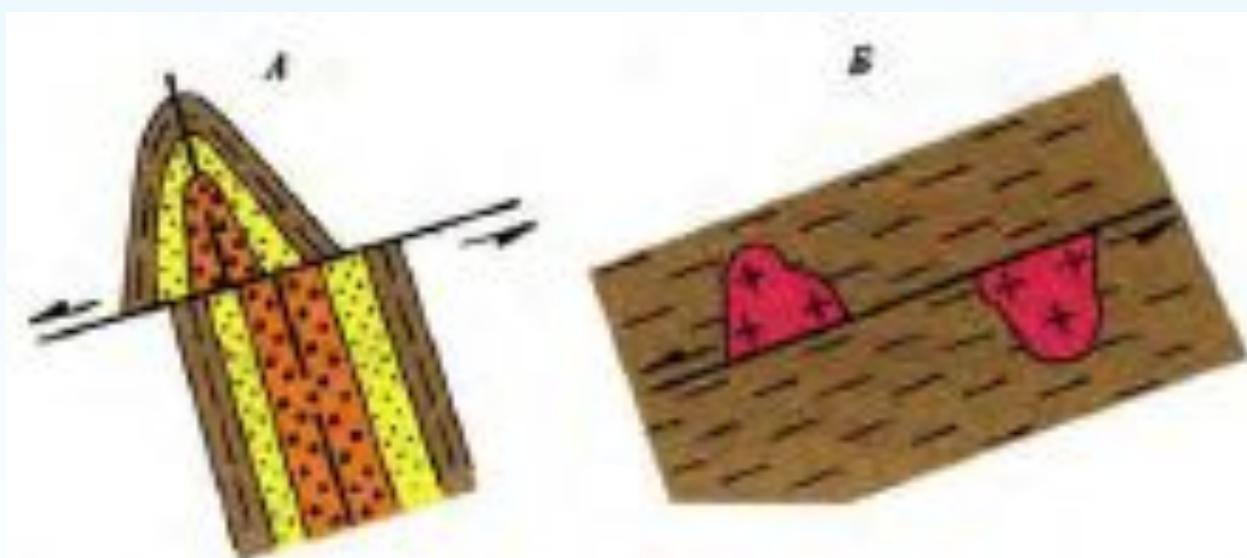
Вверху показаны планы с линиями разрезов, внизу — разрезы к ним

Сдвигами называются разрывы, смещения по которым происходят в горизонтальном направлении, по простиранию сместителя. Сместитель у сдвигов может быть представлен как одной плоскостью, так и сдвиговой зоной, состоящей из системы сближенных плоскостей.



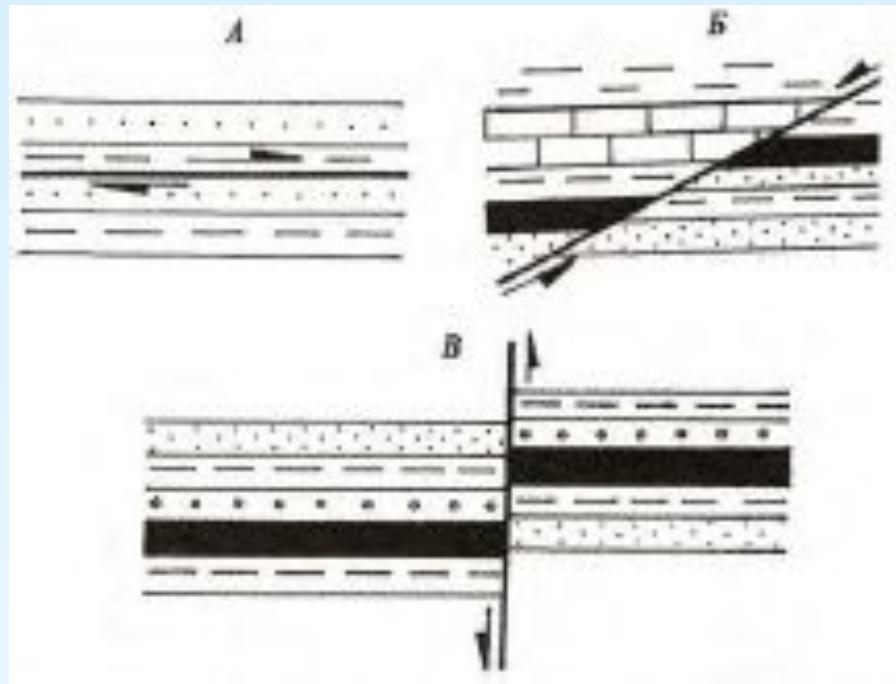
Сдвиги, сместитель которых представлен:
А — одной поверхностью;
Б — сдвиговой зоной, состоящей из системы сближенных поверхностей

Однозначно можно говорить о сдвиге только в том случае, если вдоль нарушения в плане происходит смещение границ вертикально залегающего тела. К числу часто встречающихся вертикальных или субвертикальных геологических объектов относятся осевые поверхности складок, которые при пересечении с поверхностью рельефа образуют оси, контакты интрузивных тел



Признаки сдвигов:
смещение оси складки (А);
смещение частей интрузивного тела (Б)

В строении сдвигов выделяют блоки; сместитель, положение которого определяется азимутом простирания, азимутом падения и углом падения, и амплитуду смещения. По отношению к простиранию нарушенных пород сдвиги бывают: продольные, диагональные, поперечные



Классификация сдвигов по отношению к простиранию нарушенных пород:
продольные (А); диагональные (Б);
поперечные (В)

По углу наклона сместителя сдвиги делятся на горизонтальные (угол наклона от 0 до 10°), пологие (угол наклона от 10° до 45°), крутые (угол наклона от 45° до 80°), вертикальные (угол наклона от 80° до 90°)

В зависимости от направления перемещения крыльев сдвиги бывают левые (А) и правые (Б)



Сдвиги бывают протяженные и короткие. У последних сместитель имеет прямолинейные очертания, у первых — как прямолинейные участки, так и изгибы. Изгибы подразделяются на свободные и ограничивающие.

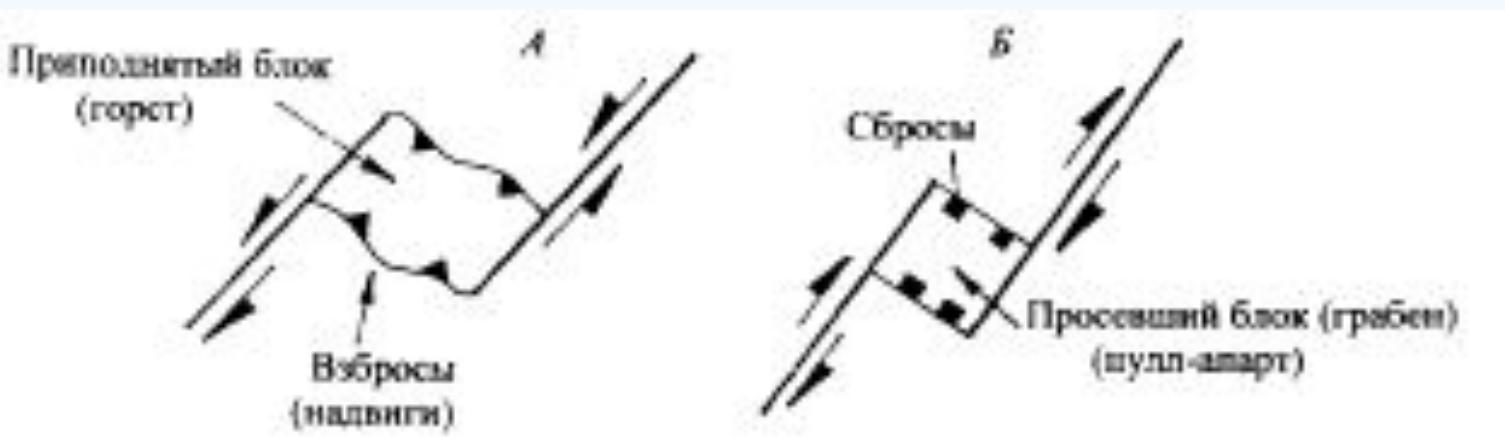


Правосторонний сдвиг со свободным изгибом



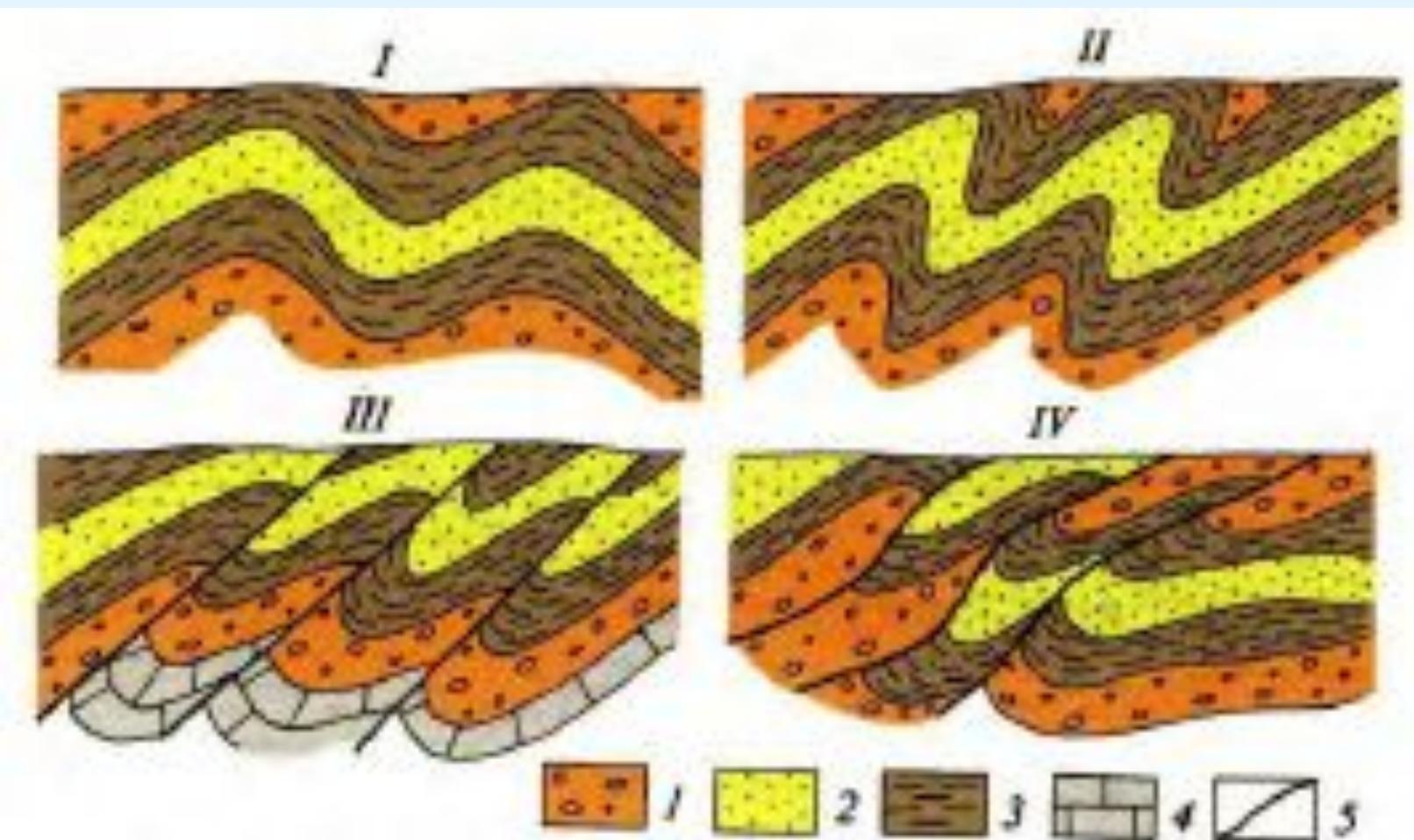
Правосторонний сдвиг с ограничивающим изгибом

В пределах сдвиговой зоны развиваются более мелкие разрывы, которые пересекаясь образуют блоки, похожие на ромбы, ограничивающиеся плоскостями главного сдвига. Внутренняя структура таких ромбов представляет серию блоков, разделенных второстепенными сдвигами. Такие ромбовидные образования получили название дуплексов



Структуры сжатия (А) и растяжения (Б) в зоне сдвига

Разрывы взбросового типа, возникающие одновременно со складчатостью или накладывающиеся на складчатые структуры, называются **надвигами**. Они развиваются в сильно сжатых наклонных или опрокинутых складках, возникают в замках и ориентированы параллельно осевым поверхностям складок. Отдельные надвиги могут объединяться, охватывая две и более складок. В складчатых комплексах, опрокинутых в одну сторону, развиваются параллельные надвиги, создавая чешуйчатую структуру. Амплитуды смещения по ним редко превышают сотни метров. По наклону поверхности разрыва выделяют: крутые надвиги (угол наклона более 45°), пологие (угол наклона менее 45°), горизонтальные — с субгоризонтальной поверхностью и ныряющие — с изогнутой поверхностью разрыва, меняющей на отдельных участках падение на противоположное.



Стадии формирования надвига:

I — складчатые деформации с образованием прямых складок;

II — продолжение деформаций с образованием опрокинутых складок;

III — параллельно со складчатыми деформациями образование разрывных нарушений;

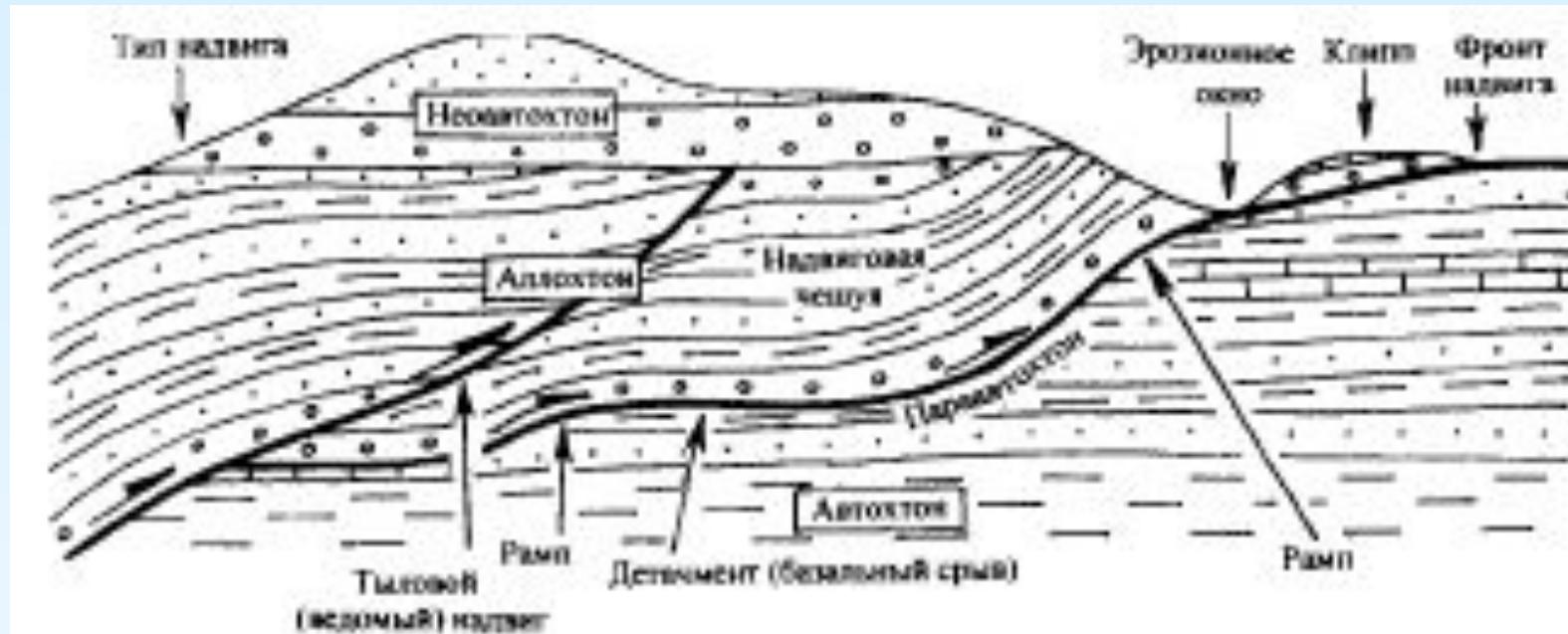
IV — складчатые деформации поверхностей надвигания.

1 — конгломераты; 2 — песчаники;

3 — аргиллиты; 4 — известняки;

5 — разрывные нарушения

Тектонический покров, или шарьяж, — это горизонтальный или пологий надвиг с перемещением пород на расстояния в десятки и даже сотни километров по волнистой поверхности. От обычного надвига он отличается дальностью перемещения масс, большой мощностьюдвигающихся пород, значительными площадями покровообразования, сложностью строения



В строении покровов выделяют два яруса. **Нижний (автохтон)** — представляет собой недеформированные и неперемещенные породы основания. На нем залегает **верхний (аллохтон)**, который именуется надвиговой системой. Породы аллохтона деформированы и перемещены в пространстве. Надвиг, ограничивающий надвиговую систему снизу, называют **детаachmentом**. Надвиговая система состоит из серии чешуи, каждая из которых ограничивается **подстилающим**, или ведущим, и **тыловым**, или ведомым, надвигами. Выделяют участки субпараллельные слоистости или сланцеватости пород, и относительно короткие участки, секущие слоистость или сланцеватость. Последние называют **рампами**. Фронтальная часть надвига, утратившая вследствие эрозии непосредственную связь с аллохтоном, называется **экзотическим останцем**, или **клиппеном**. Участки автохтона, вскрытые среди аллохтона в результате эрозии, получили название **тектонических, или эрозионных, окон**.

ГЛУБИННЫЕ РАЗЛОМЫ

Под глубинными понимают разломы, пересекающие земную кору и проникающие в мантию. Поскольку не существует прямых методов, позволяющих определить, достиг разлом мантии или нет, т. е. является глубинным или нет, то для этих целей применяются косвенные методы, к числу которых относятся следующие.

1. Геофизические методы, и в частности сейсмические, позволяющие определить, смещена ли в зоне разлома поверхность Мохоровичича. Смещение этой границы, разделяющей земную кору и мантию, указывает на то, что разлом достиг последней и является глубинным.
2. Поскольку глубинные разломы являются ослабленными зонами, проникающими в мантию, то по ним из последней могут подниматься магмы ультраосновного и основного составов, образующие интрузивные тела базит-гипербазитового состава. Таким образом, в зонах глубинных разломов могут присутствовать цепочки интрузивных тел данных составов. Примером может служить Войкаро-Сынинский разлом на Урале.
3. Большие вертикальные и горизонтальные амплитуды перемещения блоков по глубинным разломам приводят к тому, что они разделяют блоки с разной историей развития и разным геологическим строением.
4. О глубинности разломов может свидетельствовать их протяженность в плане. Проникая на глубины более 40 километров, они должны простираться на сотни километров.
5. Глубинные разломы в силу значительных амплитуд перемещения и длительной истории развития в подавляющем большинстве случаев представлены зонами мощностью в километры и десятки километров. Разломы, обладающие всеми вышеизложенными признаками, можно относить к категории глубинных. Разломы, подходящие под эту категорию по одному или нескольким признакам, можно считать глубинными условно.

По степени проникновения разломов этой категории на глубину их можно разбить на следующие категории.

1. Коровые, достигающие поверхности Мохоровичича, смещающие ее и контролирующие размещение тел ультраосновного состава.
2. Мантийные, уходящие в мантию на глубины более 100 км. Они контролируют положение тел щелочного и субщелочного составов.
3. Астеносферные или сверхглубинные, проникающие на глубину в сотни километров. Признаками таких разломов являются глубокофокусные землетрясения. К таким зонам глубинных разломов относится зона Беньофа.

Под **трещинами** понимают разрывы в горных породах, которые не сопровождаются смещениями стенок относительно друг друга. Трещины встречаются как по одиночке, так и группами (системы трещин). При этом они могут быть и параллельными и пересекаться между собой. В результате породы разбиваются ими на блоки. В природе практически во всех горных породах есть трещины.

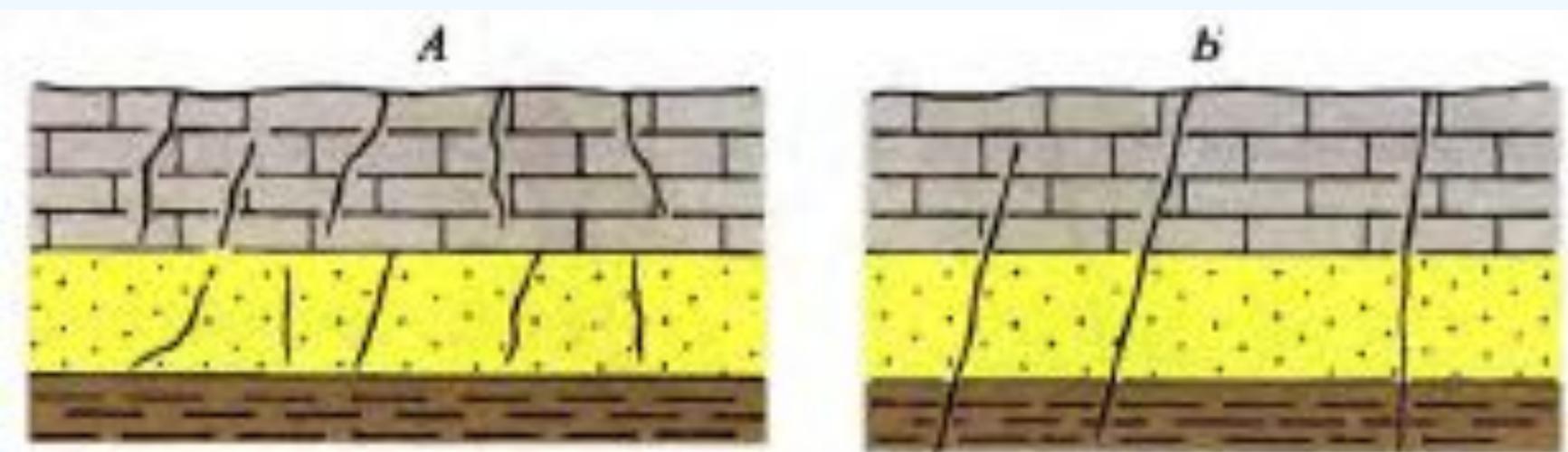
Их изучают по следующим причинам.

1. Трещины часто являются *местоисполнением полезных ископаемых*.
2. Трещины могут служить не только благоприятным фактором для образования месторождений полезных ископаемых, но и *отрицательно влиять на ценность минерального сырья*
3. Трещины *улучшают технологические свойства руд*, когда требуется обогащение ископаемого, т. е. повышение содержания в добытой руде полезного компонента
4. Трещины влияют не только на размещение, обогащение полезных ископаемых и их качество, но и на *условия эксплуатации месторождений*

По генезису трещины делятся на *тектонические* и *нетектонические*.

Тектонические трещины обязаны своим происхождением тектоническим движениям, перемещениям блоков пород и тесно связаны с разрывными нарушениями со смещением.

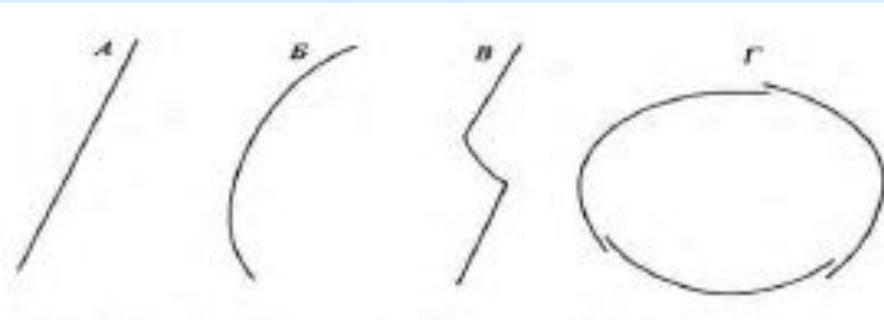
Трещины нетектонического происхождения образуются без участия тектоники.



А — нетектонические (извилистые, короткие, не выходят за пределы одного слоя);
Б — тектонические (прямолинейные, протяженные, секут сразу несколько слоев)

Морфологическая классификация трещин проводится по семи признакам.

1. **По форме в плане.** Выделяются трещины: прямолинейные, дугообразные, коленообразные, кольцевые.

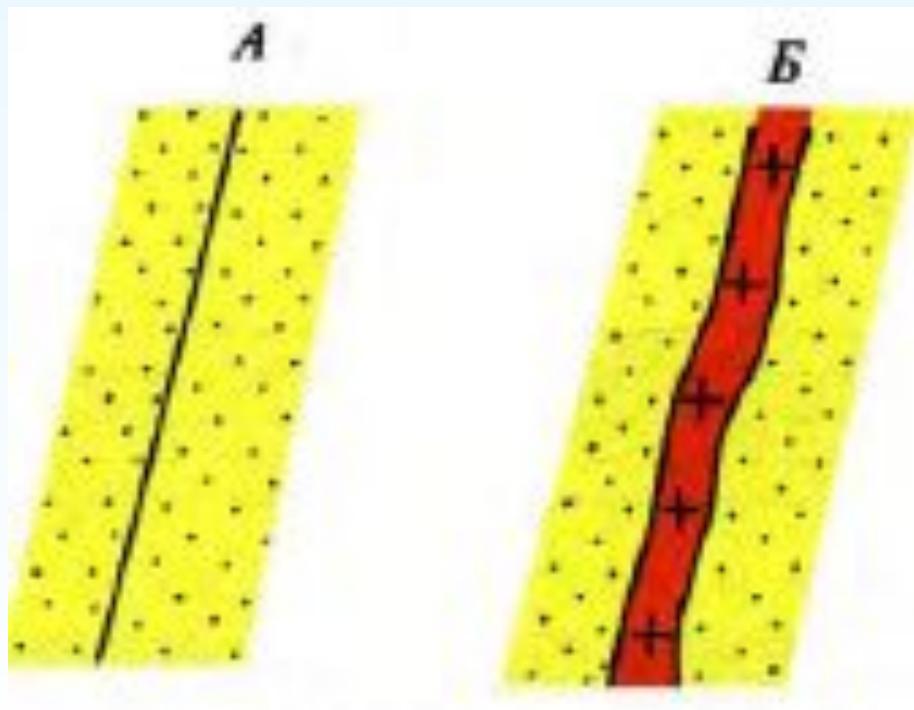


А — прямолинейные; Б — дугообразные;
В — коленообразные; Г — кольцевые

2. **По углу наклона** плоскости разрыва: горизонтальные ($0-10^\circ$), пологие ($10-45^\circ$), крутые ($45-80^\circ$), вертикальные ($80-90^\circ$).

3. **По характеру поверхности:** гладкие (притертые), зазубренные, неровные (шероховатые).

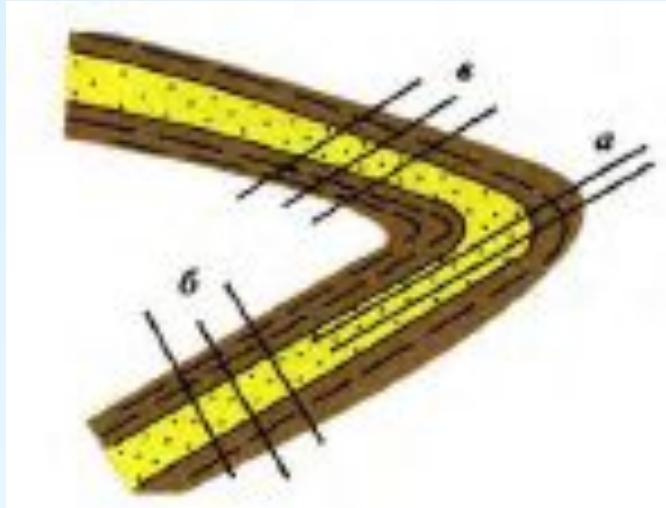
4. **По степени выраженности в горных породах.** Открытые, когда между стенками трещин есть пространство. Закрытые (скрытые), когда между стенками нет зияющего пространства. Скрытые трещины лучше видны на выветрелой поверхности горных пород или при прокрашивании породы.



Закрытые (А) и открытые (Б) трещины

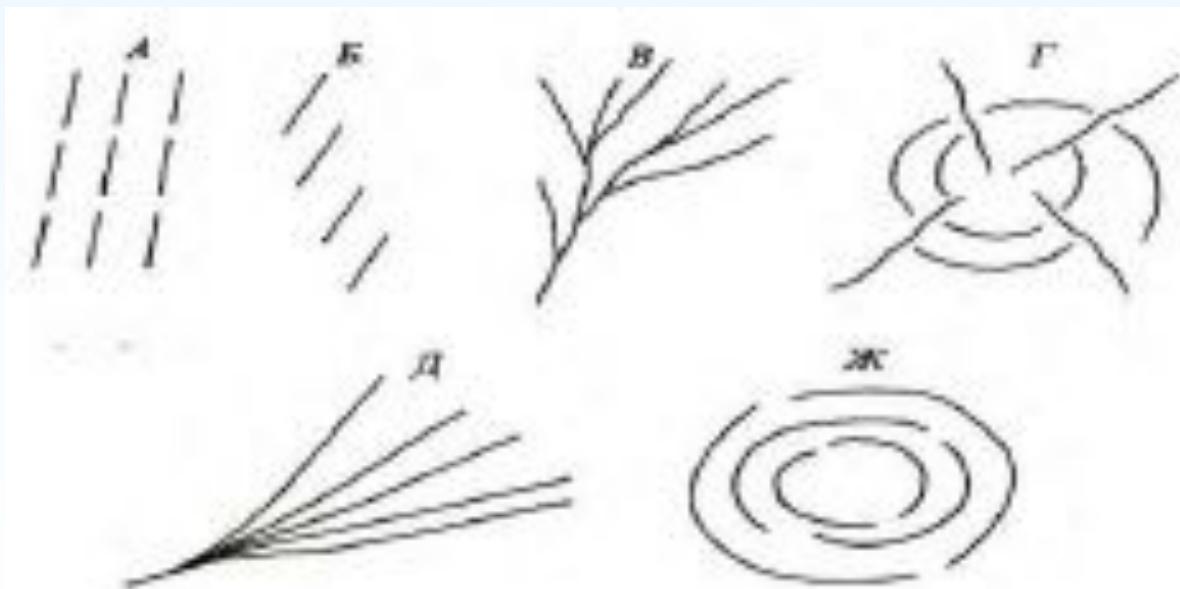
5. По протяженности трещины делятся на микроскопические (могут развиваться по спайности минералов), мелкие (не выходят за пределы слоя), крупные (секут несколько слоев).

6. По соотношению со слоистостью: согласные, ориентированные параллельно слоистости; секущие — секут слоистость в разных направлениях. Среди последних выделяются: поперечные, диагональные.



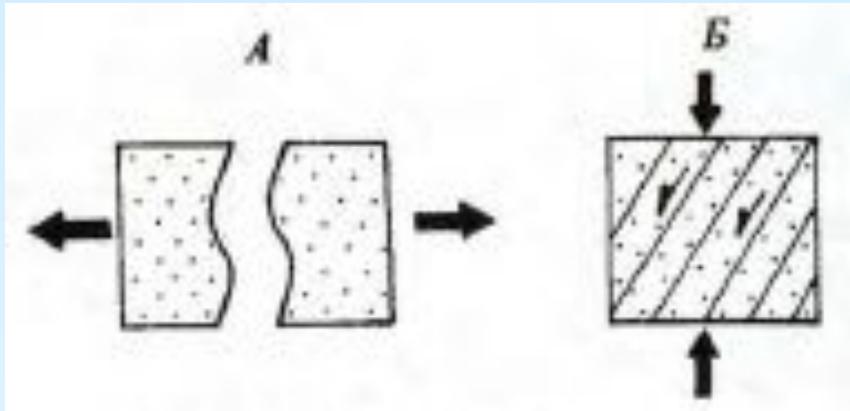
а — продольные; б — поперечные; в — диагональные

7. По взаимному расположению трещины делят на эшелонированные, кулисообразные, ветвящиеся, пересекающиеся, веерообразные, концентрические



А — эшелонированные;
Б — кулисообразные;
В — ветвящиеся;
Г — пересекающиеся;
Д — веерообразные;
Е — концентрические

Тектонические трещины по механизму образования делятся на трещины отрыва и трещины скалывания

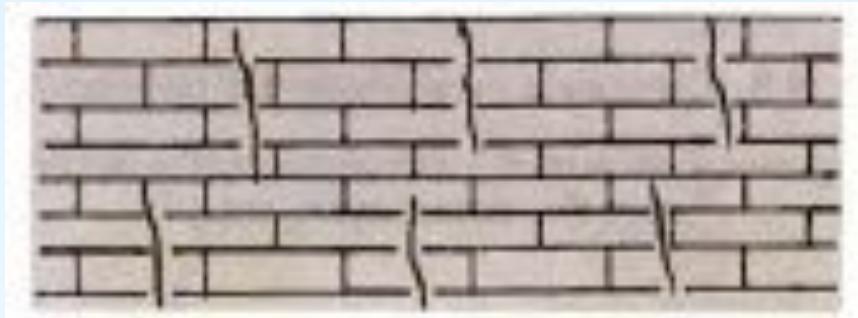


А — отрыва: Б — скалывания.

Стрелками показаны направления действия напряжения

К трещинам нетектонического происхождения относятся несколько разновидностей.

1. Диагенетические трещины.



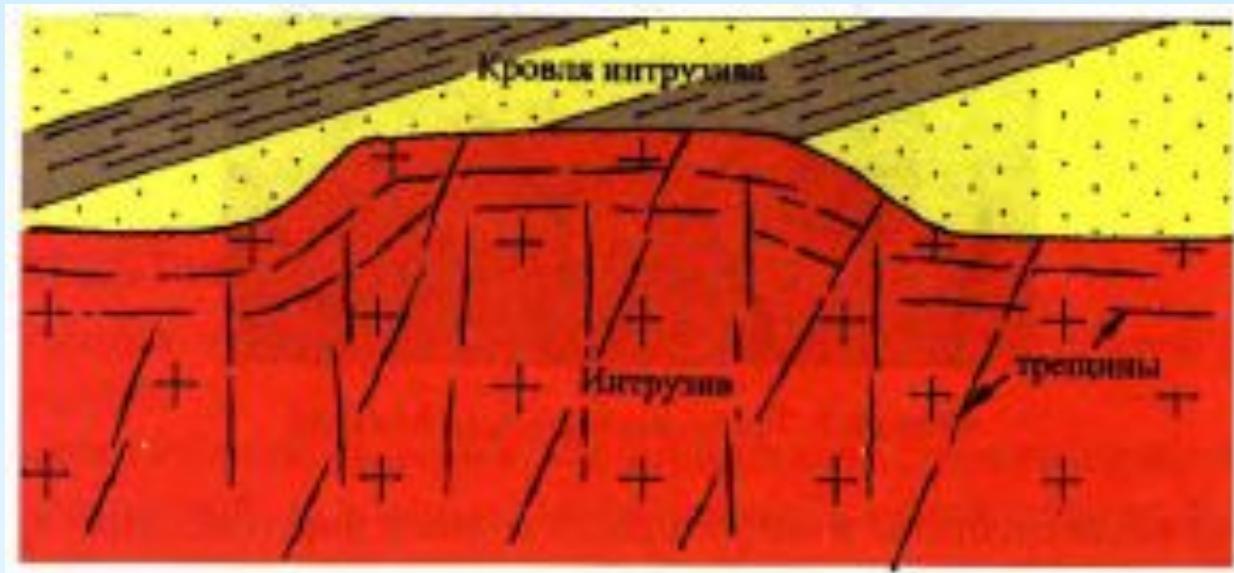
Диагенетические трещины в слое известняков

2. Первичные трещины в эффузивных горных породах. Они образуются в процессе остывания лавы и разбивают горные породы на отдельные блоки, которые могут иметь различную конфигурацию: подушечную, призматическую



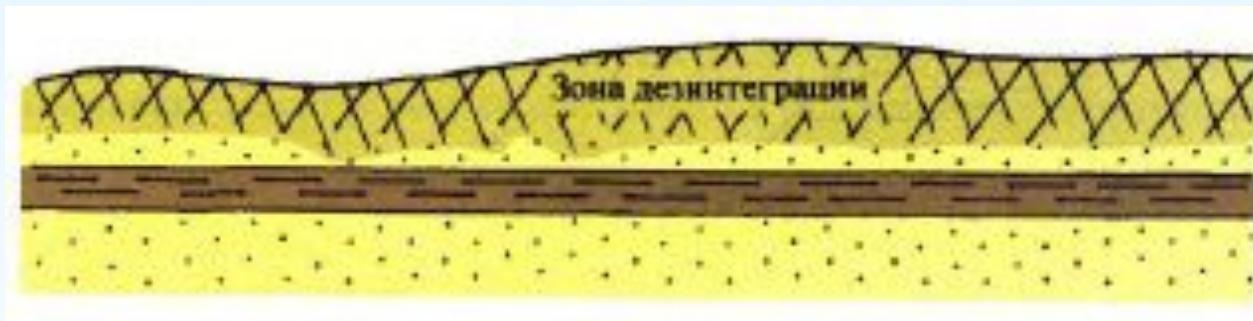
Призматическая пятигранная первичная отдельность вулканических пород.

3. Первичные трещины, образованные в интрузивных породах при их остывании и сокращении объема. По трещиноватости формируется матрацевидная отдельность

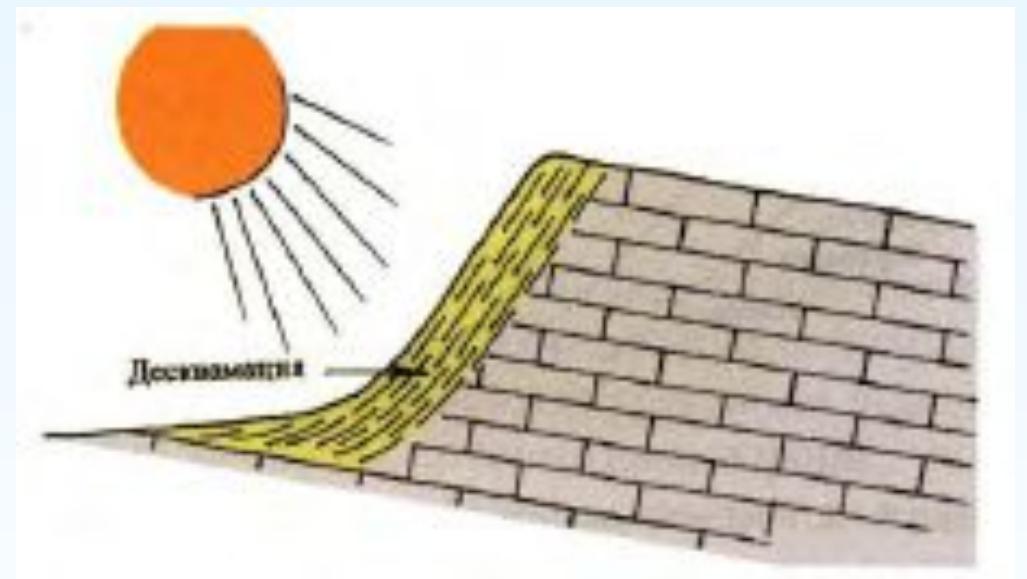


Первичные трещины в интрузивном теле (продольные, диагональные, параллельные кровле)

4. Трещины выветривания. Они образуются в результате физического выветривания (разрушения) горных пород, в зоне их дезинтеграции. Частный случай выветривания — трещины десквамации — шелушения.



Трещины выветривания в зоне дезинтеграции

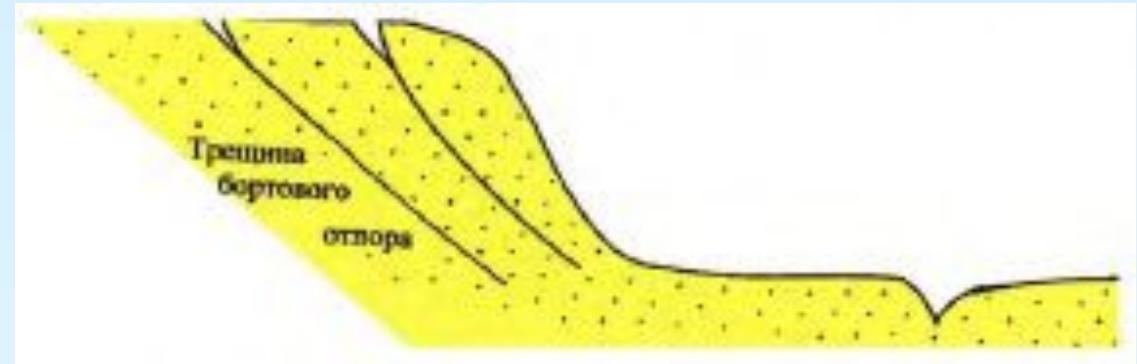


Трещины выветривания, образующиеся на солнечной стороне склонов

5. Трещины разгрузки. Образуются при снятии напряжений с горных пород, чаще всего в результате эрозии вышележащих толщ. Среди трещин такой природы выделяют трещины отслаивания и трещины бортового отпора



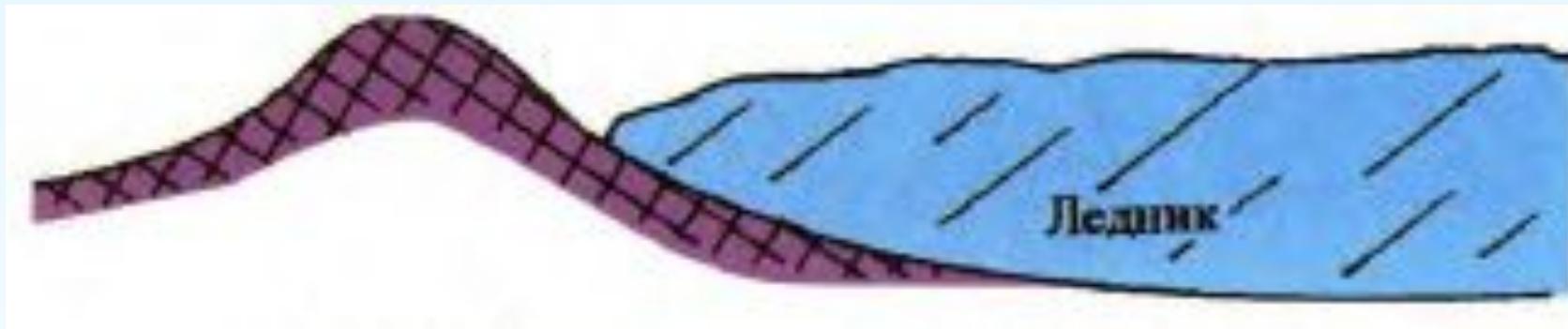
Трещины отслаивания, параллельные поверхности речных террас



Трещины отпора в борту речной долины

6. Оползневые трещины. Сопровождают образование крупных оползней.

7. Трещины динамического напора льда. Образуются в горных породах при движении тела ледника.



Трещины динамического напора ледника

8. Особые системы трещин. Регматическая планетарная система, образование которой связывают с ротационными силами, возникающими при вращении Земли. В регматической сети выделяют ортогональную систему, трещины которой имеют азимутальную ориентировку 350° - 10° и 80° - 100° . Диагональная система трещин ориентируется под углом 45° к ортогональной системе трещин

Кливаж представляет собой особый вид трещиноватости. Этим термином определяют систему параллельных или субпараллельных частых трещин скалывания. По этим трещинам порода разбивается на тонкие параллельные пластины, которые имеют форму уплощенных линз и получили название *микролитонов*.

По генезису он делится на две группы: *кливаж, связанный со складчатостью и приразломный кливаж*.

При образовании складок возникают *послойный* и *секущий кливажи*. Первый вид ориентируется параллельно поверхностям наложения, второй, наоборот, сечет их.

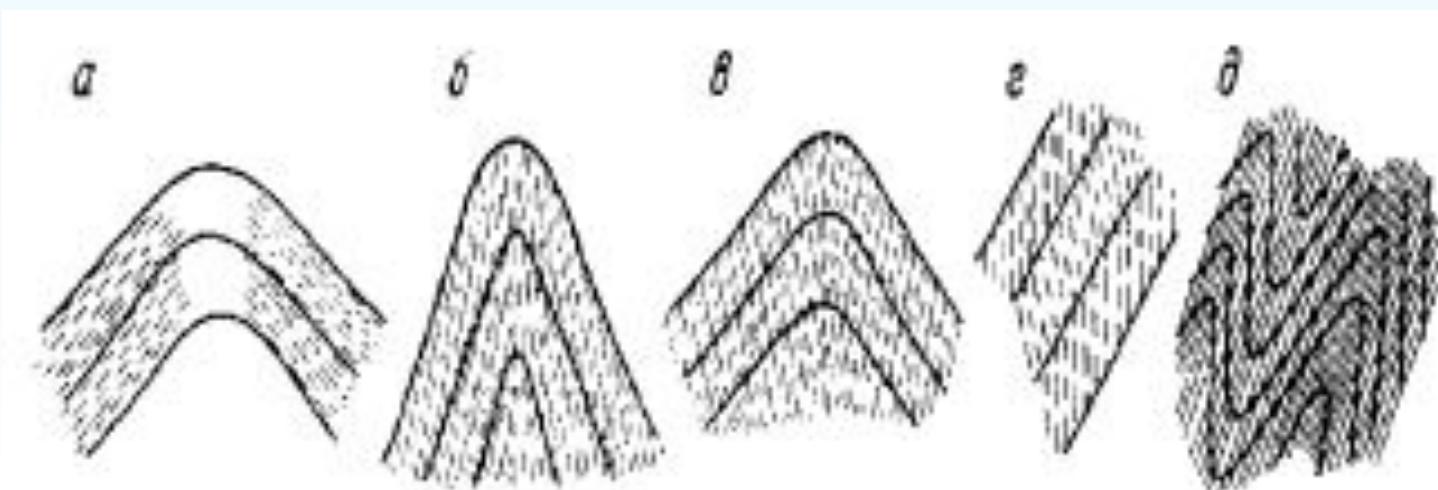
Среди секущего кливажа выделяют следующие разновидности.

1. Веерообразный кливаж. В этом случае трещины веерообразно расходятся вверх по разрезу слоистой толщи.

2. Обратный веерообразный кливаж. При котором трещины расходятся веерообразно вниз по разрезу толщи.

3. Преломленный (S-образный) кливаж. Характерен для толщ, в строении которых наблюдаются слои с различными физико-механическими свойствами. На границе слоев трещины преломляются в зависимости от физико-механических свойств пород.

4. Параллельный кливаж (кливаж параллельный осевым поверхностям складок). Он обычно называется кливажом осевой поверхности или главным кливажом. Данный вид характерен для монотонных по составу толщ.



а — послойный; б — веерообразный;
в — обратный веерообразный;
г — преломленный; д — параллельный