Модуль №1. «Общая и историческая геология»

Тема №4. Эндогенные геологические процессы

Лекция №9.

Распространение вулканов на Земле. Метаморфизм. Общая характеристика и основные факторы метаморфизма. Типы метаморфизма. Метаморфические горные породы и их признаки.

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

Тюмень, 2020

Распространение вулканов на Земле.

В настоящее время на земном шаре насчитывается несколько тысяч потухших и действующих вулканов, причем среди потухших вулканов многие прекратили свою деятельность десятки и сотни тысяч лет, а в ряде случаев и миллионы лет назад (в неогеновый и четвертичный периоды), некоторые относительно недавно. По данным В. И. Влодавца общее количество действующих вулканов (с 1500 г. до н. э.) составляет 817.

В географическом распределении вулканов намечается определенная закономерность, связанная с новейшей историей развития земной коры. На материках вулканы располагаются главным образом в их краевых частях, на побережьях океанов и морей, в пределах молодых тектонически подвижных горных сооружений. Особенно широко развиты вулканы в переходных зонах от материков к океанам - в пределах островных дуг, граничащих с глубоководными желобами. В океанах многие вулканы приурочены к срединно-океаническим подводным хребтам.

Таким образом, основной закономерностью распространения вулканов является их приуроченность только к подвижным зонам земной коры. Расположение вулканов в пределах этих зон тесным образом связано с глубокими разломами, достигающими подкоровой области. Так, в островных дугах (Японской, Курило-Камчатской, Алеутской и др.) вулканы распространены цепями по линиям разломов, преимущественно продольных разломов поперечными и косыми. Некоторая часть вулканов встречается и в более древних массивах, омоложенных в новейший этап складчатости образованием молодых глубоких разломов.

Распространение вулканов на Земле.

Вулканы распределяются неравномерно. В северном полушарии размещается значительно больше вулканов, чем в южном, а особенно они распространены в экваториальной зоне. На континентах такие области, как европейская часть РФ, Сибирь (без Камчатки), Скандинавия, Бразилия, Австралия и другие, почти совершенно лишены вулканов. Другие области — Камчатка, Исландия, острова Средиземного моря, Индийского и Тихого океанов и западное побережье Америки — весьма богаты вулканами. Больше всего вулканов сосредоточено на побережьях и островах Тихого океана (61,7%), где они образуют так называемое Тихоокеанское огненное кольцо.

Тихоокеанская зона характеризуется наибольшим развитием современного вулканизма. В ее пределах выделены две подзоны: подзона краевых частей материков и островных дуг, представленных кольцом вулканов, окружающим Тихий океан, и подзона собственно тихоокеанская с вулканами на дне Тихого океана.

Первая подзона протягивается от Камчатки на юг через острова: Курильские, Японские, Филиппинские, Новую Гвинею, Соломоновы, Новые Гебриды и Новую Зеландию. В сторону Антарктики «огненное кольцо» Тихого океана прерывается и затем продолжается вдоль западного побережья Америки от Огненной Земли и Патагонии через Анды и Кордильеры к южному берегу Аляски и Алеутским островам. К центральным частям Тихого океана приурочена вулканическая группа Сандвичевых островов, островов Самоа, о-ва Тонга, Кермадек и Галапогосских островов. В составе тихоокеанского огненного кольца насчитывается почти 4/5 всех вулканов Земли, проявивших себя в историческое время более чем 2000 извержений.

Распространение вулканов на Земле.

Вторая подзона - собственно Тихоокеанская область. За последние годы на дне Тихого океана обнаружены подводные хребты и большое число глубоких разломов, с которыми связаны многочисленные вулканы, то выступающие в виде островов, то находящиеся ниже уровня океана. Преобладающая часть островов Тихого океана обязана своим возникновением вулканам. Среди них наиболее изучены вулканы Гавайских островов. По данным Г. Менарда, на дне Тихого океана находится около 10 тысяч подводных вулканов, возвышающихся над ним на 1 км и более.

Средиземноморско-Индонезийская зона. Эта зона активного современного вулканизма также разделяется на две подзоны: **Средиземноморскую**, **Индонезийскую**.

Средиземное море и сопряженные и ним области континентов отличаются большой тектонической подвижностью. Средиземноморская зона охватывает вулканическую деятельность в пределах альпийской геосинклинали от крайнего запада Европы до юго-восточного окончания Азии, захватывая острова Малайского архипелага. В пределах этой зоны вулканическая деятельность наиболее активна в краевых частях, т. е. на западе в районе Средиземного моря и на востоке в Малайском архипелаге. В Южной и Центральной Европе к этой зоне относятся потухшие вулканические районы Оверни (Франция), Эйфеля (ФРГ) и Чехии. Затем идут средиземноморские вулканы, разделяющиеся на три группы: ***итальяно-сицилийскую*** с такими известными вулканами, как Везувий, Этна, Стромболи, Волкано; ***сицилийско-ионическую***, включающую Пантеллерию и некоторые подводные извержения; и ***эгейскую***, в которой самым выделяющимся активным центром является вулкан Санторин.

Распространение вулканов на Земле.

Далее на восток зона включает такие потухшие вулканы, как Эльбрус и Казбек на Кавказе, Арарат в Турции и Демавенд в Иране. На Памире и в Гималаях, а также в других сильно сжатых ядрами складчатых цепях юга Азии не наблюдается молодой вулканической деятельности, но уже в Бирме вновь появляются молодые вулканы. Затем зона охватывает одну из самых активных областей вулканической деятельности на Земле — область Малайского архипелага. Интенсивность вулканических проявлений на островах архипелага объясняется тем, что здесь средиземноморская зона смыкается с «огненным кольцом» Тихого океана.

Гораздо большей вулканической активностью характеризуется **Индонезийская подзона**. Это типичные островные дуги, подобные Японской, Курильской, Алеутской, ограниченные разломами и глубоководными впадинами. Здесь сосредоточено очень большое количество действующих, затухающих и потухших вулканов. Именно к этой зоне приурочен описанный вулкан Кракатау, извержения которого отличаются необычайно грандиозными взрывами. На востоке Индонезийская подзона смыкается с Тихоокеанской.

Между активными Средиземноморской и Индонезийской вулканическими подзонами располагается ряд потухших вулканов во внутриматериковых горных сооружениях. К ним относятся потухшие вулканы Малой Азии, наибольшие из них - Эрджияс и др.; южнее, в пределах Турции, возвышается Большой и Малый Арарат, на Кавказе - двуглавый Эльбрус, Казбек, вокруг которых имеются горячие источники. Далее, в хребте Эльбрус, расположен вулкан Демавенд и др.

Распространение вулканов на Земле.

Атлантическая зона. В пределах Атлантического океана современная вулканическая деятельность, за исключением Антильских островных дуг и района Гвинейского залива, не затрагивает континентов. Вулканы приурочены главным образом к Срединно-Атлантическому хребту и его боковым ответвлениям. Часть крупных островов в их пределах - вулканические. Ряд вулканов Атлантического океана начинается на севере с о. Ян-Майен. Южнее располагается о. Исландия, на котором насчитывается большое число действующих вулканов и где сравнительно недавно происходили трещинные излияния основной лавы. В 1973 г. в течение шести месяцев происходило крупное извержение Хельгафель. Южнее расположены вулканы Азорских островов, островов Вознесения, Асунсьен, Тристан-да-Кунья, Гоф и о. Буве.

Особняком стоят вулканические острова Канарские, Зеленого Мыса, Св. Елены, расположенные в восточной части Атлантического океана, вне срединного хребта, близ берегов Африки. Отмечается большая интенсивность вулканических процессов на Канарских островах. На дне Атлантического океана также много подводных вулканических гор и возвышенностей.

Индоокеанская зона. В Индийском океане также развиты подводные хребты и глубокие разломы. Здесь много потухших вулканов, свидетельствующих об относительно недавней вулканической деятельности. Многие острова, разбросанные вокруг Антарктиды, по-видимому, также вулканического происхождения. Современные действующие вулканы распложены около Мадагаскара, на Коморских островах, о. Маврикий и Реюньон. Южнее известны вулканы на островах Кергелен, Крозе. На Мадагаскаре встречаются недавно потухшие вулканические конусы.

Распространение вулканов на Земле.

Вулканы центральных частей континентов. Они представляют относительно редкое явление. Наиболее яркое проявление современный вулканизм получил в Африке. В районе, прилегающем к Гвинейскому заливу, возвышается крупный стратовулкан Камерун, последнее его извержение было в 1959 г. В Сахаре на вулканическом нагорье Тибести располагаются вулканы с огромными кальдерами (13-14 км.). В Восточной Африке проходит известная система глубинных разломов (рифтовая структура), протягивающаяся на 3,5 тыс. км от устья Замбези на юге до Сомали на севере, с которой и связана вулканическая деятельность. Среди многочисленных потухших вулканов есть действующие вулканы в горах Вирунга (район оз. Киву). Особенно известны вулканы в Танзании и Кении. Здесь находятся действующие крупные вулканы Африки: Меру; Килиманджаро (высшая точка Африки); Кения к востоку от оз. Виктория.

Ряд действующих вулканов расположен параллельно Красному морю и непосредственно в самом море. Что же касается самого моря, то в его разломах выходит на поверхность базальтовая лава, что является признаком уже океанической коры которая здесь уже сформировалась.

В пределах Западной Европы действующих вулканов нет. Потухшие вулканы имеются во многих странах Западной Европы - во Франции, в Прирейнском районе Германии и других странах. В ряде случаев с ними связаны выходы минеральных источников.

Метаморфизм. Общая характеристика и основные факторы метаморфизма.

Метаморфизм (греч. «метаморфозис» - превращение) - это процесс преобразования первично магматических или осадочных пород под воздействием **температуры** (Т), **давления** (Р) и **флюидов** (F) преимущественно водно-углекислых жидких или газово-жидких, содержащих ионы K, Na, Ca, F, B, S и других, часто существующих в надкритических растворах.

Метаморфизму могут подвергаться любые горные породы — осадочные, магматические и ранее образовавшиеся метаморфические. Исходные породы 11азывают **протолитами**.

Метаморфические изменения приводят к полному или частичному преобразованию пород. Если при метаморфизме сохранились реликты исходных пород, по которым можно уверенно восстановить первичный состав и строение протолитов, то породы называются **метаморфизованными**, а глубоко преобразованные породы, первоначальная природа которых полностью утрачена, — **метаморфическими**.

Температура — важнейший фактор метаморфизма, влияющий на процессы минералообразования и определяющий состав возникающих минеральных ассоциаций. Метаморфические преобразования горных пород происходят в температурном интервале 250-1100 °С. Началом метаморфического процесса считается изменение пород при температуре выше 250 °С. Именно на этом рубеже, в связи с резким возрастанием скоростей химических реакций, проводится граница между диагенезом и метаморфизмом.

Метаморфизм. Общая характеристика и основные факторы метаморфизма.

Принято выделять **давление литостатическое** (всестороннее) и **стрессовое** (одностороннее). **Литостатическое давление** связано с погружением пород. Порода, оказавшаяся на глубине, испытывает давление со всех сторон, в том числе и вышележащей толщи. В общем случае литостатическое давление возрастает с глубиной.

Давление стрессовое имеет четко выраженный вектор направленности, одна из его составляющих по величине превосходит значения но другим направлениям. Стрессовое давление является причиной тектонических движений, при которых перемещаются крупные блоки земной коры. Эти давления играют важную роль, обеспечивая различное напряженное состояние горных пород, в результате которого открываются пути для миграции глубинных мантийных флюидов, являющихся главными переносчиками тепла. Без флюидного потока вероятность метаморфизма невелика, хотя необходимо принимать во внимание и геотермический градиент, который сильно изменяется в разных районах (от 5° до 180° и даже более на 1 км глубины).

Химически активными веществами, воздействующими на горные породы при метаморфизме, являются в первую очередь вода и углекислота, которые содержатся в том или ином количестве почти во всех породах. Кроме того, большое значение имеют такие компоненты, как K_2O, Na_2O, O_2, Cl, F и некоторые другие.

Главные факторы метаморфизма - температура, флюиды, давление оказывают влияние на любые горные породы, находящиеся на различной глубине, при этом время не особенно важно при метаморфизме.

Типы метаморфизма.

Метаморфизм может проявиться на огромных площадях, и поэтому называется **региональным**. В других случаях метаморфические изменения захватывают ограниченные участки и тогда метаморфизм называется **локальным**.

Региональный метаморфизм является наиболее распространенным, проявляясь на площадях в сотни тысяч км2, что обусловлено погружением региона на глубины, достаточные для воздействия на первичные толщи пород высоких температур, всестороннего (литостатического) давления и флюидов. Он характеризуется выдержанностью или слабой изменчивостью физико-химических условий по простиранию.

Процесс регионального метаморфизма может иметь **прогрессивную** и **регрессивную** направленность, превращаясь в особых случаях в **ультраметаморфизм**.

Прогрессивный метаморфизм развивается в условиях повышения Р-Т параметров и выражается в появлении более высокотемпературных минеральных ассоциаций вместо существовавших ранее низкотемпературных.

Регрессивный метаморфизм, или **диафторез**, включает минеральные преобразования, вызванные приспособлением магматических или метаморфических пород к новым условиям более низких ступеней метаморфизма, и характеризуется замещением высокотемпературных минералов низкотемпературными. Образующиеся в этом случае продукты метаморфизма называются **диафторитами**.

Типы метаморфизма.

По величине давления выделяют два подтипа регионального метаморфизма: **умеренных** и **высоких давлений**.

Подтип умеренных давлений («обычный» региональный метаморфизм) имеет широкое площадное распространение; им затронуты огромные по объему толщи архейского и протерозойского возраста, а также значительная часть фанерозойских образований. Этот подтип регионального метаморфизма играет определяющую роль в формировании «гранулит-базитового» и «гранитно-метаморфического» слоев континентальной коры.

Региональный метаморфизм высоких давлений характерен для сравнительно узких зон земной коры и верхней мантии, в которых при тектонических движениях возникают высокие давления, приводящие к образованию таких высокобарических минералов, как жадеит, глаукофан, дистен, омфацит и др. Это субдукционные и коллизионные зоны.

Наиболее распространенными породами регионального метаморфизма являются сланцы, зеленые сланцы, кристаллические сланцы, гнейсы, амфиболиты, мраморы, кварциты. Они залегают в форме слоев, линз и слоистых толщ, обычно интенсивно деформированных, смятых в сложные складки.

Типы метаморфизма.

Ультраметаморфизм возникает в обстановке регионального метаморфизма при определенных физико-химических условиях и включает такие специфические процессы, как **мигматизация**, **анатексис**, **палингенез** и **гранитизация**. Образование ультраметаморфических пород происходит при существенной роли расплавов. Факторами ультраметаморфизма являются высокая температура, химическая активность воды, а также привнос летучих компонентов (K, H20, HF, P2O5 и др.).

Мигматизация — процесс образования смешанных пород (мигматитов) в результате анатексиса, инъекций гранитного расплава во вмещающие метаморфические породы или щелочного метасоматоза.

Анатексис — частичное, избирательное выплавление из метаморфических пород низкотемпературного кварц-полевошпатового расплава (гранитной эвтектики).

Палингенез (или реоморфизм) — полное переплавление пород субстрата, приводящее к возрождению гранитной магмы.

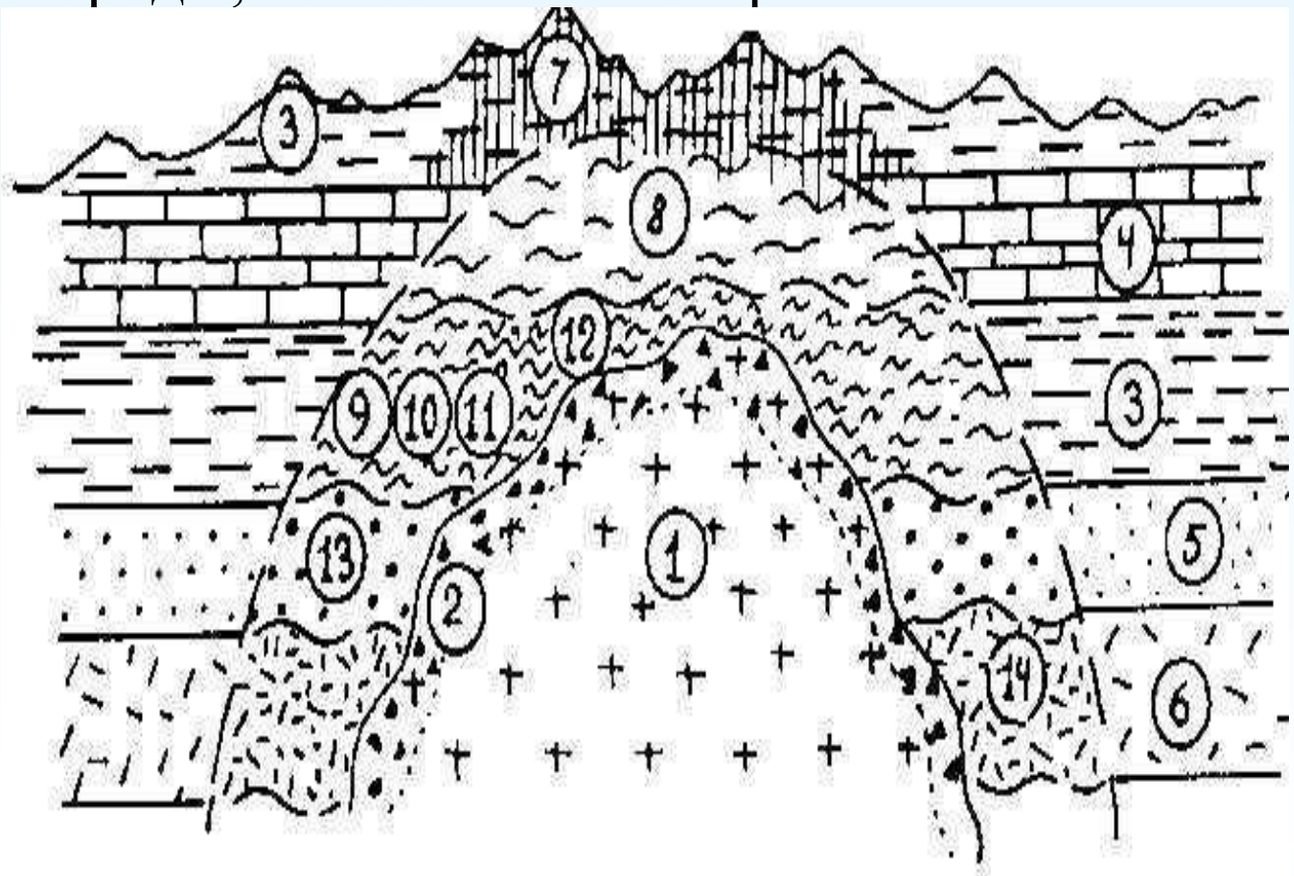
Гранитизация — процесс химического и минерального изменения пород с превращением их в граниты.

Основными типами пород, формирующимися при ультраметаморфизме, являются мигматиты, метатектиты, теневые граниты, гнейсо-граниты.

Типы метаморфизма.

Локальный метаморфизм проявляется на ограниченных площадях и подразделяется на **контактовый** и **динамометаморфизм** (дислокационный).

Контактовый метаморфизм развивается в интрузивных массивах, внедряющихся в любые толщи пород, воздействие на которые осуществляется температурой и флюидным потоком. Ширина и площадь контактового (экзоконтактового) ореола зависит от типа, состава интрузивного тела и его температуры. Чем выше температура интрузивного массива, тем в контактовых ореолах развиты более высокотемпературные метаморфические породы. Среди пород контактового метаморфизма наиболее распространены роговики, массивные темные породы, содержащие кордиерит, андалузит, хлорит и мусковит. Если воздействию гранитов подвергаются карбонатные породы, то возникают скарны



Контактовый (локальный) метаморфизм вмещающих пород гранитного интрузива: *1* - граниты, *2* - эндоконтакт. Вмещающие породы (рама): *3* - глины, *4* - известняки, *5* -песчаники, *6* - кислые лавы. Породы контактового метаморфизма (чем ближе к интрузивному массиву, тем выше степень метаморфизма): *7* - дегидратированные породы, *8* - мраморы, *9* - глинистые сланцы, *10* - филлиты, *11* - хлоритовые сланцы, *12* - силлиманитовые сланцы, *13* - кварциты, *14* - вторичные

Типы метаморфизма.

Динамометаморфизм связан с крупными разломами, в основном, надвигами, покровами и сдвигами, при образовании которых всегда возникает стресс - напряжение сжатия, ориентированное в одном направлении. На глубинах, где литостатическое давление велико, под влиянием стресса, породы приобретают пластическое течение, напоминающее раздавливание пластилина в ладонях рук. При этом раздавливаемый материал стремится выдавиться в сторону уменьшения градиента давления, а новообразованные минералы, располагаются чешуйками параллельно поверхности смещения, создавая сланцеватость метаморфической породы. Поэтому следует различать **сжатие**, когда усилие направлено по нормали к объекту и **стресс со сдвигом**, когда объект зажат между двумя пластинами, смещающимися в разных направлениях.

Динамометаморфизм проявляется в сравнительно узких зонах разрывных нарушений и сразу же исчезает за их пределами. Он заключается в дроблении и истирании горных пород без существенной их перекристаллизации. По степени раздробленности среди продуктов динамометаморфизма выделяют **тектонические брекчии**, **катаклазиты** и **милониты**.

Тектонические брекчии образованы угловатыми или линзовидными обломками раздробленных пород самой различной величины, между которыми находится небольшое количество мелкораздробленного материала тех же пород. Структура тектонических брекчий — брекчиевидная, текстура беспорядочная. Характерны отсутствие слоистости и однообразие состава обломков.

Типы метаморфизма.

Катаклазиты состоят из более мелких угловатых обломков, сцементированных тонкоперетертым материалом этой же породы. Для катаклазитов типична цементная структура, текстура массивная, иногда ориентированная.

Милониты — перетертые и развальцованные породы с полосчатой текстурой, обусловленной наличием топких слоев линзовидных обособлений менее раздробленного материала в тонко перетертой массе.

Метасоматический метаморфизм (метасоматоз) — это процесс, при котором происходит привнос одних компонентов и вынос других, что приводит к изменению химического и минерального состава пород. В процессе метасоматоза растворение и замещение минералов происходят почти одновременно без существенного изменения объема породы при сохранении ее твердого состояния. Главными агентами при метасоматозе являются химически активные растворы и газы, имеющие в большинстве случаев генетическую связь с магматической и постмагматической деятельностью. Путями их проникновения являются тектонически ослабленные зоны, к которым приурочена наиболее активная циркуляция растворов — фильтрационная миграция; кроме того, метасоматические изменения пород могут быть связаны с диффузией поровых растворов в межгранулярных пространствах.

Интенсивность и характер изменений пород зависят от химического состава метаморфизующих растворов (щелочного, кислотного, основного), их концентрации, температуры, общего давления, а также от состава и структуры пород, подвергающихся метасоматозу.

Типы метаморфизма.

Продукты метасоматических процессов называются **метасоматитами** и отличаются спецификой минерального состава и структурно-текстурных особенностей. Для них характерно:

- развитие псевдоморфоз, представляющих собой результат замещения одних минералов другими с сохранением форм замещенных минералов;
- зональное строение метасоматических тел с формированием мономинеральных пород или пород с малым числом минералов в центральных зонах;
- образование неравномерно-крупнозернистых структур и пятнистых текстур.

Наиболее распространенными и важными в практическом отношении породами, формирующимися при данном типе метаморфизма, являются скарны, грейзены, вторичные кварциты, пропилиты, березиты и лиственититы. С этими метасоматитами связаны концентрации редких элементов, они служат важным поисковым признаком промышленных месторождений полиметаллов, олова, вольфрама, молибдена, золота и других полезных ископаемых.

Под **импактным (ударным) метаморфизмом** понимают преобразования горных пород, вызванные падением на Землю и взрывом крупных метеоритов, сопровождающимся образованием **метеоритных кратеров (астроблем)**. Главными факторами импактного метаморфизма являются мгновенные повышения давления до 500-700 кбар и температуры до 2500-3000 °С, а также ударная волна. Длительность процесса измеряется секундами. На процесс преобразования пород оказывают влияние также химический и минеральный состав метаморфизуемых пород, их структура, плотность, насыщенность флюидами и т. д.

Типы метаморфизма.

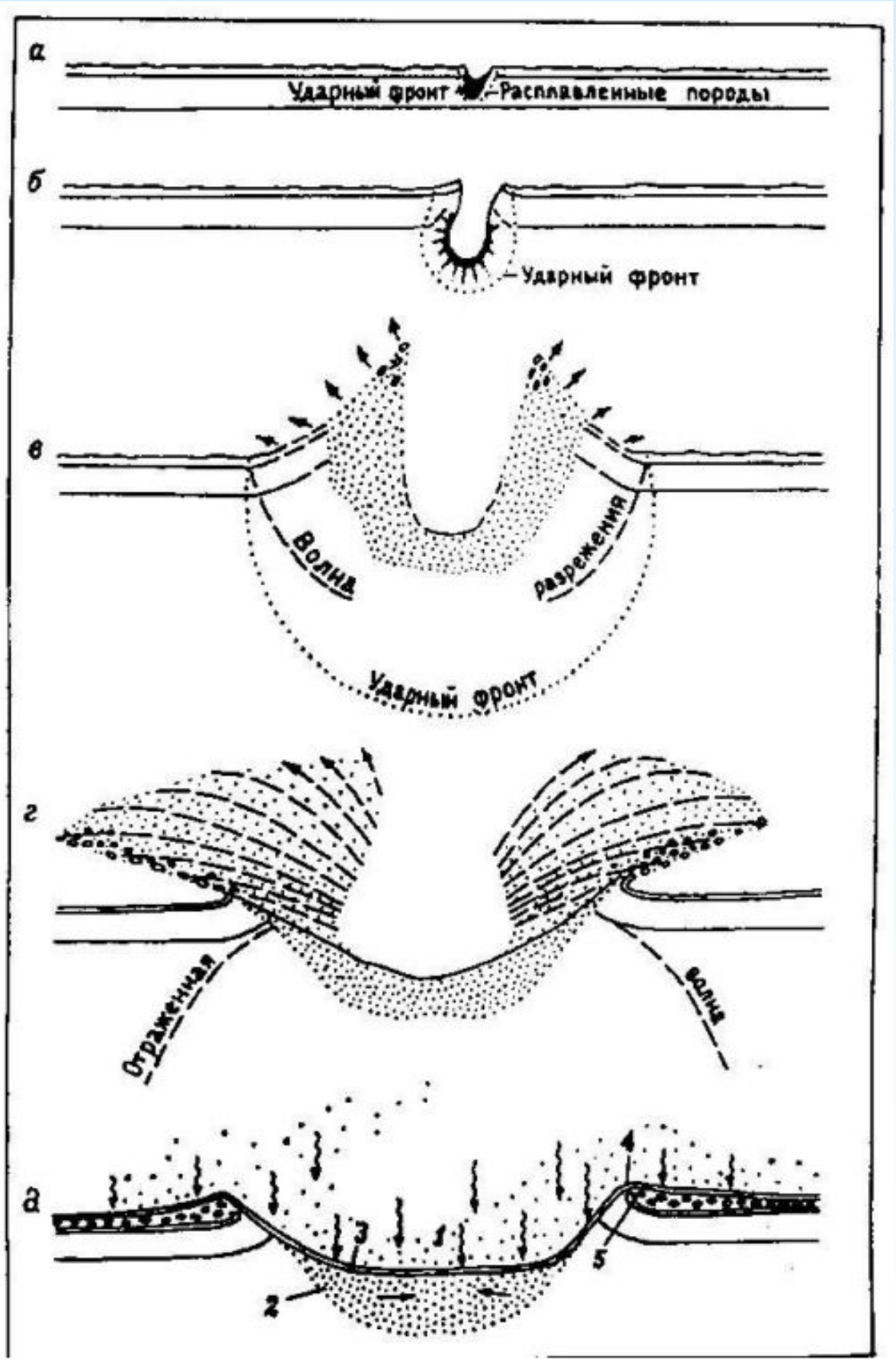
При огромной скорости падения метеорита, достигающей 70 км/сек, в момент столкновения его с земной поверхностью возникает ***ударная волна***, происходит ***дробление пород*** с образованием брекчий, ***плавление*** и ***испарение*** минералов и горных пород, ***образование стекловатых масс***, ***появление высокобарических модификаций SiO2*** — коэсита, стишовита.

Горные породы, образующиеся при таком мгновенном ударном событии называются **импактитами** (англ, «импэкт» - удар) и подразделяются на 3 группы: 1) импактированные породы, т.е. подвергнутые воздействию ударной волны; 2) расплавленные породы; 3) импактные брекчии.

Кроме этого они разделяются на аутигенные (неперемещенные) и аллогенные (перемещенные) брекчии и импактиты.

Ударный метаморфизм проявляется в образовании различных пород и новых минералов, в изменении структуры минералов.

Типы метаморфизма.



Стадии образования взрывного (метеоритного) кратера (по Л.Н. Хряниной, 1987):

а-в - I стадия - ударное сжатие, растекание метеорита в грунте;

г - II стадия - экскавация и выброс грунта отраженной волной;

д - III стадия - деформация или заполнение

(*1* - воронка, *2* - истинное дно, *3* - видимое дно, *4* - вал брекчии, *5* – лежачая синклиналь

цокольного вала)

Метаморфические горные породы и их признаки.

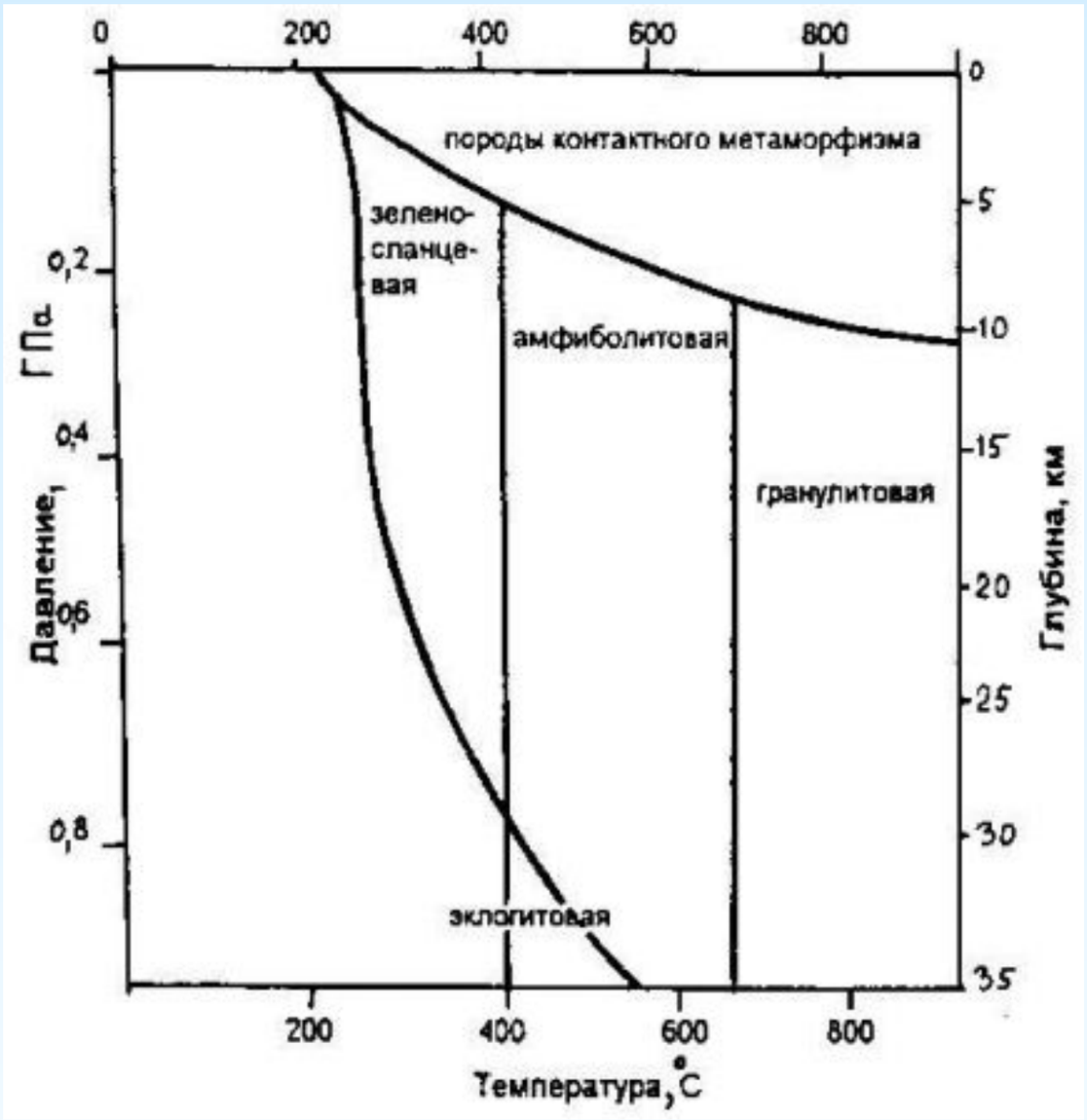
Все метаморфические породы можно разделить на 2 группы, исходя из того, какие осадочные или магматические породы подвергаются метаморфизму.

1-ая группа - **парапороды**, образовалась из первично осадочных пород.

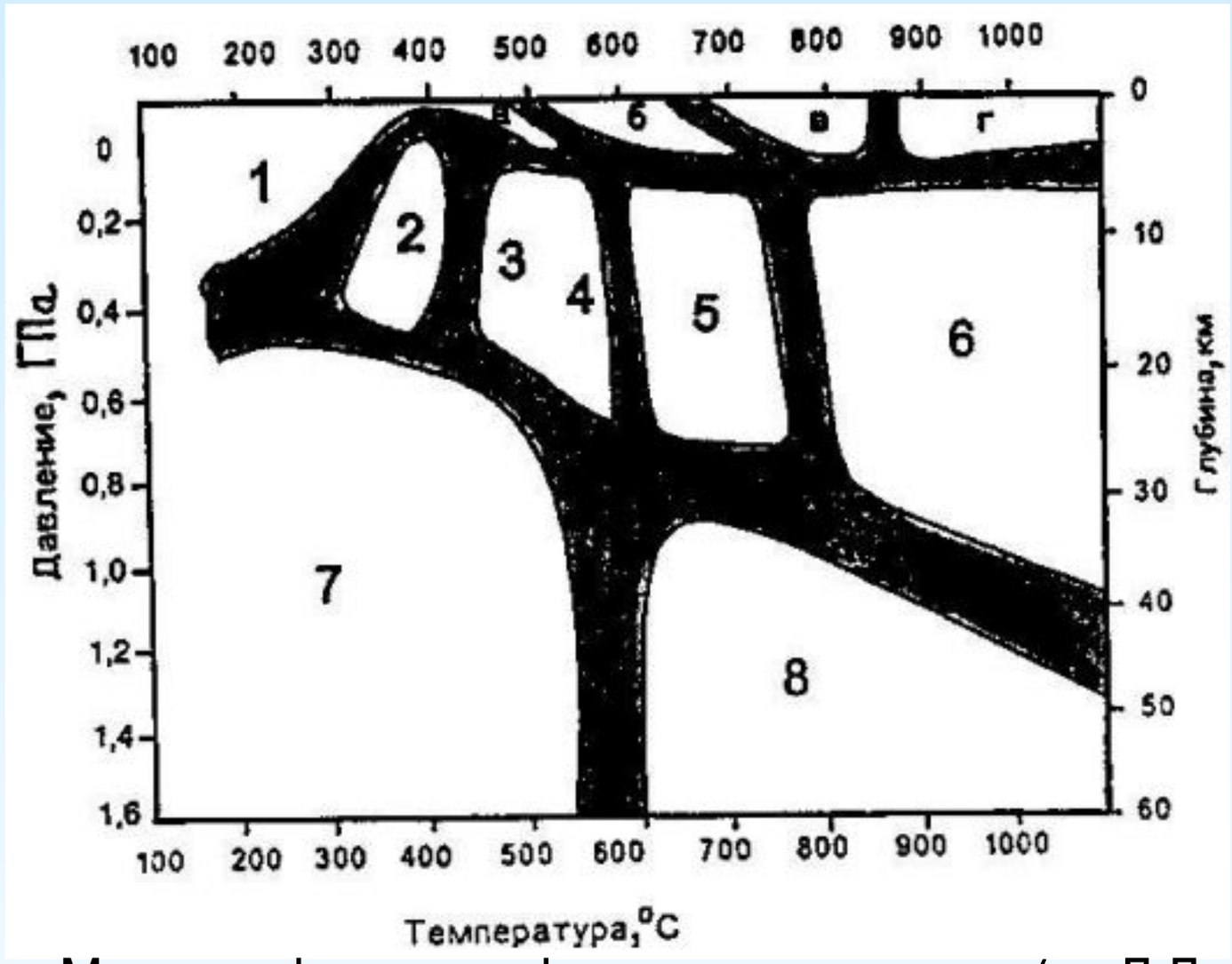
2-ая группа - **ортопороды**, сформировалась из первично магматических пород.

Метаморфические породы весьма разнообразны. Из одних и тех же исходных, первичных пород, в зависимости от действия факторов метаморфизма, могут образоваться различные метаморфические породы. Меняющаяся температура, давление, химический состав флюидов приводит к изменению минерального состава первичной породы, который стремится стать равновесным изменившимся условиям. Этот комплекс новых минералов или **парагенезис** (сонахождение) называется **метаморфической фацией**. Т.к. исходные породы, подвергающиеся метаморфическим изменениям, чрезвычайно разнообразны, то в пределах одной метаморфической фации могут существовать разные парагенезисы минералов, а одна исходная порода давать разные метаморфические породы в различных фациях.

Метаморфические горные породы и их признаки.



Основные фации метаморфизма

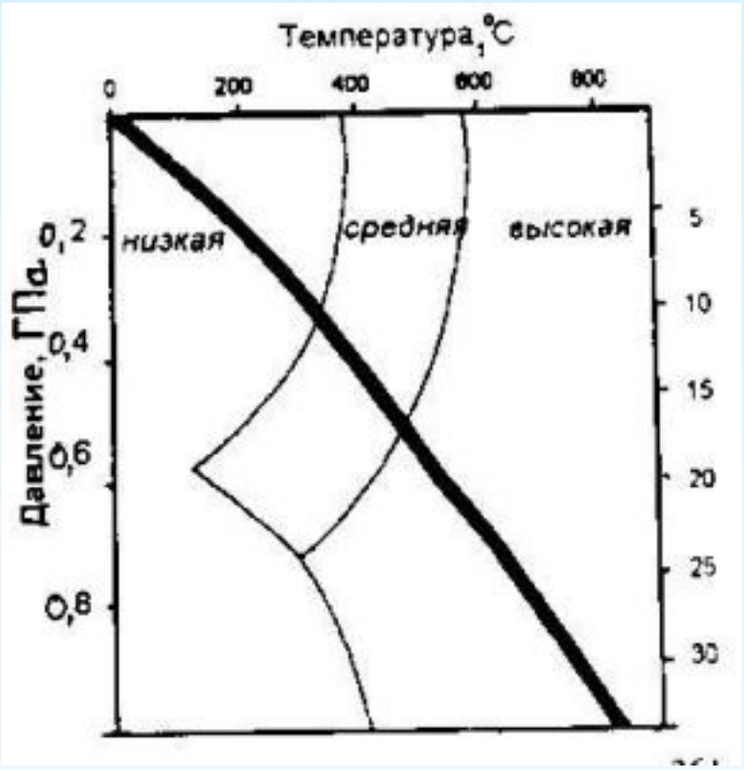


Метаморфические фации горных пород (по Л.Л. Перчуку и В.И. Фельдману).

Фации регионального метаморфизма: *1* - цеолитовая, *2* - пренит-пумпелиитовая, *3* - зеленых сланцев, *4* - эпидот-амфиболитовая, *5* - амфиболитовая, *6* - гранулитовая, *7* - голубых сланцев, *8* - эклогитовая. Фации контактового метаморфизма: **а** - эпидот- альбитовых роговиков, **б** - роговообманковых роговиков, **в** - пироксеновых роговиков, **г** -

Метаморфические горные породы и их признаки.

Фации - зеленосланцевая, амфиболитовая и гранулитовая отвечают ступеням метаморфизма: низкой, средней и высокой, отвечающим степени усиления метаморфических преобразований первичной породы.



Степени метаморфизма. Черная жирная линия – рост температуры с глубиной.

Гранулитовая фация и соответствующий ей парагенезис минералов свидетельствует о температурах +700°С - 1000°С, давлении от 2 до 12 Кбар и глубинах порядка 10-40 км. При меньших температурах и давлениях другие минеральные парагенезисы будут характеризовать другие метаморфические фации - амфиболитовую, эпидот-амфиболитовую, зеленосланцевую, цеолитовую.

Переход от пород низших ступеней метаморфизма к высшим называется **прогрессивным метаморфизмом**. Если уже метаморфизованная порода подвергается воздействию более низких температур и давлений, то говорят о **регрессивном (ретроградном) метаморфизме или диафторезе**.

Метаморфические горные породы и их признаки.

Существуют породы, наиболее характерные для разных ступеней метаморфизма. Так для низшей ступени типичны ***зеленые сланцы***, образовавшиеся за счет базальтовых туфов и лав. Также для фации зеленых сланцев типичны ***филлиты***.

К низким ступеням метаморфизма относятся весьма необычные породы - ***глаукофановые*** или ***голубые сланцы*** с голубой роговой обманкой, типичным для них минералами. Особенностью формирования этих пород является обстановка низких температур +200° — +400°С и очень высоких давлений - до 12 Кбар.

К средним ступеням метаморфизма относятся разнообразные ***кристаллические сланцы*** и ***амфиболиты***. ***Кристаллические сланцы*** - полосчатые породы, состоящие из кварца, полевых шпатов и слюд, образующихся как по осадочным породам - песчаникам и глинам (парагнейсы), так и по магматическим - лавам, гранитам и др. (ортогнейсы). ***Амфиболиты*** состоят из роговой обманки и плагиоклазов, иногда с биотитом и эпидотом и формируются за счет метаморфизма базальтов и габбро - основных изверженных пород (ортоамфиболиты) и карбонато-глинистых пород (параамфиболиты).

Амфиболитовая фация метаморфических пород образуется при температурах +500° -700°С и давлениях 2-8 Кбар. При таких высоких температурах породы начинают испытывать частичное плавление в отдельных тонких слоях с образованием **мигмы** (греч. «мигма» - смесь), а вся порода превращается в ***мигматит*** - полосчатые метаморфиты, в которых чередуются полоски гранитного состава (мигма) с полосками темноцветных минералов, еще не вовлеченных в плавление.

Метаморфические горные породы и их признаки.

К высшей ступени метаморфизма относится гранулитовая фация (температура +700° - 1000°С, давление 4-12 Кбар, глубины 10-40 км). Характерными породами этой фации являются ***гнейсы***, ***двупироксеновые*** и ***кристаллические сланцы*** и ***эклогиты***. ***Гнейсы*** состоят из кварца, ортоклаза, плагиоклаза, граната, кордиерита, пироксена, замещающего роговые обманки и слюды. ***Гранулиты*** образуются за счет как первично магматических, так и осадочных пород. ***Эклогиты*** сложены пироксеном - омфицитом и пироповым гранатом и представлены плотными тяжелыми породами, типичными для глубоких частей земной коры.

Метаморфические породы обладают определенными признаками: **текстурой и структурой**.

Под **текстурой** понимается изменение горной породы, заключающееся в том, что метаморфизуемое горные породы либо приобретают упорядоченную ориентировку минералов, либо подвергаются частичному или полному разрушению. Текстуры делятся на: **унаследованные** (генетически связанные с исходной породой) и **сингенетические** (возникшие только при метаморфизме).

Среди текстур выделяют:

1. **Сланцевая** - образуется за счет листоватых, чешуйчатых и пластинчатых минералов в связи с их приспособлением к кристаллизации в условиях высоких давлений. Сланцеватые породы раскалываются на тонкие плитки и пластинки.
2. **Полосчатая** - обусловлена чередованием различных по минеральному составу полос.

Метаморфические горные породы и их признаки.

3. **Пятнистая** – отражает наличие в породе пятен, отличающихся по цвету, составу, устойчивости к выветриванию.

4. **Массивная** - обозначает отсутствие ориентировки породообразующих минералов.

5. **Плойчатая** - образуется под влиянием пластичного течения материала, при котором полосчатая текстура осложняется мелкими складками.

6. **Катакластическая** – характеризуется обломочными фрагментами и деформациями минералов.

Структура. В процессе перекристаллизации вещества исходной породы в твердом состоянии возникают вторичные, характерные для метаморфических горных пород структуры, называемые **бластическими структурами**. При полной перекристаллизации исходного вещества метаморфические горные породы приобретают структуру, называемую **кристаллобластической**.

Имеются метаморфические горные породы, характеризующиеся неполной перекристаллизацией вещества и сохранением следов прежней структуры исходных горных пород. В этом случае для обозначения новой структуры прибавляют слово «бласто» к названию первоначальной структуры.

Метаморфические горные породы и их признаки.

По **форме зёрен** различают структуры:

- гранобластовая - агрегат изометрических зёрен;
- лепидобластовая - агрегат листоватых или чешуйчатых кристаллов;
- нематобластовая - агрегат игольчатых или длиннопризматических кристаллов;
- фибробластовая - агрегат волокнистых кристаллов;
- их различные сочетания (например, нематогранобластовая).

По **относительным размерам зерен** различают структуры:

- гомеобластовая - агрегат зёрен одинакового размера;
- гетеробластовая - агрегат зёрен разных размеров;
- порфиробластовая - выделение крупных минеральных индивидов на фоне мелкозернистой основной массы породы;
- пойкилобластовая - наличие мелких вростков зерен в крупных минеральных индивидах;
- ситовидная - обилие мелких вростков одного минерала в крупных кристаллах другого минерала.