

ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ ПО ГЕОЛОГИИ

ЧАСТЬ 1

«Определение минералов и горных пород»

Учебное пособие для студентов специальностей

1 – 31 02 01 «География»,

1 – 33 01 02 «Геоэкология»

Программа лабораторных и контролируемых самостоятельных занятий по курсу «Геология» включает следующие разделы (темы):

- макроскопическое определение минералов (около 40 из них);
- макроскопическое определение горных пород (**требующее знания порядка 30 магматических, 50 осадочных и 15 метаморфических**);
- приобретение навыков работы с горным компасом;
- приобретение навыков работы с геологической картой;
- освоение методики построения геологических разрезов и профилей.

Определяющее значение в изучении данных тем принадлежит самостоятельной работе студентов, **поскольку количества часов, отводимых учебным планом на аудиторные занятия, недостаточно для полноценного усвоения информации.**

1. МАКРОСКОПИЧЕСКОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ МИНЕРАЛОВ

Цели занятия:

1. Освоить методику макроскопического определения минералов.
2. Научиться визуально определять минералы в отдельном образце и в составе горной породы.
3. Изучить физические свойства минералов, их происхождение, химический состав и практическое применение.

Макроскопический метод определения минералов опирается на изучение их внешних особенностей: морфологии кристаллов, механических, оптических, химических и прочих свойств.

Правила макроскопического определения минералов:

- любую характеристику определять на свежей поверхности раскола;
- шевелить образец, добиваясь его освещения под разными углами;
- всегда сравнивать характеристики исследуемого образца с соответствующими характеристиками уже известных образцов;
- соблюдать последовательность определения: твердость → блеск → спайность → излом → цвет в куске → черта → прочие свойства;
- каждую выявленную характеристику сразу записывать в тетрадь;
- вначале определить указанные выше характеристики, а затем искать название образца в определителе минералов (табл. 1). Минералы в таблице размещены по возрастанию твердости и сгруппированы по блеску (металлический, неметаллический).

Твердость минерала зависит от его внутреннего строения и химического состава. Так, гидратированные соединения всегда мягче безводных (боксит

и корунд). Твердость многих минералов непостоянна. Простейший способ определения твердости – царапанье одного минерала другим. Для такой оценки принята шкала Мооса, представленная десятью минералами-эталонами – в ней каждый последующий минерал царапает все предыдущие (чем выше номер минерала, тем он тверже).

Тальк – 1	Кальцит – 3	Апатит – 5	Кварц – 7	Корунд – 9
Гипс – 2	Флюорит – 4	Ортоклаз – 6	Топаз – 8	Алмаз – 10

Пока не найдено минералов, промежуточных по твердости между корундом и алмазом. Поэтому на практике алмаз не требуется. Определяя твердость, выбирают гладкую площадку на поверхности исследуемого минерала. Сильно нажимая, проводят по ней острым углом эталона из шкалы Мооса. Если на изучаемом минерале остается царапина – он мягче эталона; если царапины нет – изучаемый минерал тверже эталона. Твердость образца испытывают до тех пор, пока она не сравняется с твердостью одного из эталонов, или пока не встанет в интервале между твердостью двух соседних эталонов. Для диагностики используют и подручные предметы: твердость мягкого карандаша – I; ногтя – 2; стекла 5 – 5,5; стальной иглы и ножа 6 – 7.

Блеск зависит от способности минерала преломлять и отражать световые лучи. Блеск может быть разным на гранях кристалла и на сколе: у кварца на гранях блеск стеклянный, а на сколе жирный. Различают металлический, неметаллический и матовый блеск. *Металлический* блеск присущ многим сульфидам, окислам металлов, самородным металлам. Блеск *полуметаллический* тусклее (графит). *Стеклянный* блеск выражен на гранях и плоскостях спайности прозрачных или полупрозрачных минералов (кальцит, полевые шпаты). *Жирный* блеск подобен тому, что проявляется на смазанной маслом поверхности (излом кварца, нефелина). *Перламутровый* напоминает блеск внутренней поверхности раковины (слюды, тальк). *Шелковистый* подобен блеску ткани и свойственен волокнистым минералам (селенит, асбест). *Восковой* подобен блеску поверхности свечи, им обладают некоторые скрытокристаллические агрегаты (кремень). *Матовый* по сути означает отсутствие блеска – свет отражается равномерно и тускло. *Матовый* блеск присущ землистым разностям с мелкопористой поверхностью (каолин, боксит).

Спайность – способность кристаллических минералов раскалываться по плоскостям. Для обнаружения спайности минерал поворачивают так, чтобы поверхность скола отразила свет в глаза. При наличии спайности видны блестящие пластины, налагающиеся друг на друга, и образующие своеобразную лестницу. Эти блестящие пластины – плоскости спайности – разделяются тончайшими темными линиями. В слюдах спайность прослеживается в одном направлении. Спайность многих минералов выражена в несколь-

ких, взаимно пересекающихся направлениях. У галита и сильвина – в трех направлениях, перпендикулярных друг другу (спайность по кубу). У сфалерита – шесть направлений спайности. Выделяют четыре вида спайности: весьма совершенную, совершенную, среднюю и несовершенную. *Весьма совершенная* – это спайность, при которой минерал очень легко (ногтем) расщепляется на тонкие пластинки с гладкой блестящей поверхностью (слюды, тальк). *Совершенная* спайность – легким ударом молотка минерал колется по ровным плоскостям (кальцит, полевой шпат). *Средняя* спайность выражена слабо и вскрывается сильным ударом (оливин). *Несовершенная* спайность не различима (апатит, берилл). Нельзя путать плоскости спайности с гранями кристалла. Следует иметь в виду, что на плоскостях спайности блеск сильнее, чем на гранях кристаллов и других поверхностях излома.

Излом. При расколе минералов возникают разные по конфигурации поверхности, называемые изломом. Выделяют следующие виды изломов:

- зернистый – сросшиеся зерна, сферы (оолитовые лимонит, боксит);
- землистый – шероховатый, матовый (каолинит);
- раковистый – вогнутый, концентрически-волнистый (кремень);
- занозистый – односторонние иглы (роговая обманка);
- ступенчатый – уступы между плоскостями спайности (галит);
- неровный – хаотично изломанная блестящая поверхность твердых минералов, лишенных спайности (нефелин).

Цвет зависит от химического состава минерала и примесей. Некоторые минералы меняет цвет в зависимости от угла освещения, иногда приобретая радужную окраску (лабрадор). Такое свойство называется *иризацией*. Иногда поверхностный слой минерала имеет дополнительную окраску, и образец переливается синими, красными, розово-фиолетовыми тонами (халькопирит, борнит). Это явление называется *побежалостью*. Побежалость объясняется интерференцией света в тонких пленках, образующихся на поверхности минерала в результате различных реакций. Окраска многих минералов не постоянна (кварц, галит, нефелин) – для них цвет не является диагностическим признаком.

Черта – это цвет порошка минерала. Черта может отличаться от цвета в куске: пирит в куске соломенно-желтый, а в порошке почти черный. Определяя черту, минерал растирают по фарфоровой неглазурованной пластине (при условии, что минерал мягче фарфора). Слишком твердый образец истирают более твердым минералом. Как правило, для твердых минералов указывают, что черта отсутствует.

Прочие свойства объединяют другие, нередко индивидуальные признаки минералов. Прочие свойства часто играют важнейшую роль в диагностике, особенно у родственных минералов (галит и сильвин). **Удельный вес**

(г/см³) зависит от химического состава и структуры минерала. По удельному весу минералы делят на три группы: *легкие* – менее 2,5 (гипс); *средние* – от 2,5 до 5 (апатит); *тяжелые* – больше 5 (галенит). В полевых условиях удельный вес определяют приблизительно – взвешиванием на руке (в об разце должен присутствовать только один минерал). **Прозрачность** – выделяют минералы *непрозрачные*, которые не пропускают свет даже в очень тонких пластинках (окислы металлов); *просвечивающие* только в тонкой пластинке (кремень); *полупрозрачные* подобно матовому стеклу (халцедон); *прозрачные* как обычное стекло (горный хрусталь). Некоторым минералам характерны специфические свойства. Например, способность минералов класса карбонатов вступать в *реакцию с соляной кислотой* ("всплыть"). Ряд минералов характеризуется *магнитностью* (магнетит, пирротин) – они отклоняют магнитную стрелку. Диагностически значима *растворимость* минералов в воде (галит и сильвин). Эти же минералы обладают *вкусом* – соленым у галита, горько-соленым у сильвина. Иногда минералы имеют *запах*. Так, пирит при ударе издает запах сернистого газа; фосфорит при трении – запах жженой кости. Некоторые минералы *жирные на ощупь* (тальк), другие легко *пачкают руки* (графит, пиролюзит). *Двойным лучепреломлением* обладает исландский шпат. **Флюоресценция** характерна флюориту. **Гигроскопичностью** обладают каолин, сильвин.

2. МАКРОСКОПИЧЕСКОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГОРНЫХ ПОРОД

Цели занятия:

1. Освоить методику макроскопического определения горных пород.
2. Научиться различать главные магматические, осадочные и метаморфические породы.
3. Изучить состав, строение, происхождение и практическое использование горных пород.

Горными породами называются естественные ассоциации минералов или органических остатков, возникшие в земной коре. По способу образования выделяют три группы горных пород: магматические, осадочные, метаморфические. Главными признаками определения генезиса выступают структуры, текстуры и отдельности горных пород.

Структура – это особенности внутреннего состава (строения) горной породы. Выделяют три категории структур: по степени кристалличности, по размерам породообразующих минералов или зерен, по форме кристаллов или зерен.

Текстура – это специфика внешнего облика (рисунка) горной породы,

взаимного размещения составных частей породы.

Отдельность – это форма, приобретаемая горной породой при естественном раскалывании. Такое раскалывание идет по определенным плоскостям – сеть трещин делит породу на специфические фигуры (столбы, шары и проч.). Отдельности различимы в геологических обнажениях, иногда – в отдельных образцах.

2. 1. Диагностические признаки магматических пород

Магматические породы образуются при застывании магмы в глуби Земли и на ее поверхности. Они классифицируются по трем признакам: условиям образования, химическому составу, минералогическому составу. Правила макроскопического определения магматических пород в принципе те же, что и определения минералов (с. 3). Отличаются лишь диагностические признаки, выявляемые в следующей последовательности: структура → текстура → отдельность → происхождение → окраска → химический состав (предварительное определение) → минеральный состав → химический состав (окончательное определение) → название.

По условиям образования (по условиям застывания расплава) магматические породы делятся на интрузивные и эфузивные. Происхождение определяется по структуре, текстуре и отдельности.

Структурные признаки являются главными при оценке происхождения магматических пород. Определяя структуру, образец врашают относительно источника света. При этом первостепенное внимание уделяют блеску – выясняют, блестит вся поверхность, блестят лишь отдельные зерна, или же поверхность матовая. Выделяют 3 типа структур магматических пород: по степени кристалличности, по абсолютному размеру кристаллов, по относительному размеру кристаллов. В свою очередь, типы структур делятся на виды.

По степени кристалличности:

- *полнокристаллическая* (вся порода сложена кристаллами, т. е. блестит) – характерна интрузивам;
- *неполнокристаллическая, порфировая* (в однородно-матовом веществе блестят отдельные кристаллы) – характерна эфузивам;
- *стекловатая, или афировая* (в породе нет кристаллов, т. е. порода матовая) – характерна эфузивам.

Признаки *полнокристаллической* структуры следующие.

- Контрастно блестящая поверхность скола. На неподвижной поверхности блестят разрозненные кристаллы. Соседние с ними участки затенены и не блестят. При легком повороте образца прежде бывшие темными участ-

ки вспыхивают, а ранее блестевшие – наоборот, тускнеют.

- Выраженность морфологических элементов кристаллов: прямолинейных ребер, остроугольных вершин, плоских блестящих граней.

Стекловатая структура проявляется в отсутствии блеска – вещества лишено кристаллов. Единственным исключением из этого правила является *обсидиан* (*вулканическое стекло*) – афировая порода со стеклянным или восковым блеском. Однако излом у обсидиана раковистый, поэтому при повороте образца блестящая полоса плавно скользит по поверхности, не ограничиваясь острыми углами и прямыми линиями.

Неполнокристаллическая, или *порфировая* структура отличается тем, что на матовом фоне выделяются отдельные блестящие кристаллы. Форма порфировых кристаллов бывает *идиоморфной* (угловатой, с выраженной кристаллической огранкой) и *ксеноморфной* (сферической, обусловленной растворением вершин и ребер кристаллов).

В полнокристаллических породах определяют еще два структурных признака: по абсолютному и по относительному размеру кристаллов.

По абсолютному размеру кристаллов (их наибольшей протяженности):

- гигантокристаллическая (крупнее 10 мм);
- крупнокристаллическая (10 – 3 мм);
- среднекристаллическая (3 – 1 мм);
- мелкокристаллическая (1 – 0,5 мм);
- тонкокристаллическая (менее 0,5 мм).

По относительному размеру кристаллов:

- равномернокристаллическая – характерна абиссальным породам;
- неравномернокристаллическая (порфировидная) – характерна гипабиссальным породам.

Равномерная кристалличность означает равновеликость кристаллов – они принадлежат либо к одной группе по абсолютному размеру, либо к двум соседним. *Порфировидная* структура отличается большой разницей диаметров кристаллов – от мелких до гигантских.

Текстуры магматических пород представлены следующими видами.

- *Массивная* – составные части породы расположены хаотично (возможна у интрузивов и эфузивов).
- *Пятнистая и полосчатая* – разноцветные кристаллы образуют пятна или полосы (только интрузивы).
- *Пузыристая (пористая, ноздреватая)* – в стекловатом или порфировом образце видны пустоты (только эфузивы).
- *Миндальекаменная* – крупные поры стекловатой породы заполнены овальными включениями гипергенных или гидротермальных минералов:

кальцита, халцедона (только эфузивы).

- *Флюидальная* – в стекловатом или порфировом образце изгибаются разноокрашенные потоки застывшей лавы (только эфузивы).
- *Пегматитовая* – кристаллы формируют неповторимый рисунок на каждой стороне образца (только интрузивные жильные породы).

Таким образом, пегматитовая, пятнистая и полосчатая текстуры однозначно свидетельствуют об интрузивном происхождении породы; пузыристая и флюидальная – об эфузивном происхождении.

Отдельность магматических пород возникает при остывании расплава. При этом порода покрывается сетью закономерно ориентированных трещин, и разделяется на массивы определенной формы. Выделяют отдельности глыбовую, параллелепипедальную, матрацевидную, столбчатую, шаровую. Отдельность помогает диагностировать условия застывания расплава, а также химический и минеральный состав породы.

Глыбовая (или *плитообразная, пластовая*), *параллелепипедальная* и *матрацевидная* отдельности присущи крупным интрузиям. Медленно остывающие интрузивные тела рассекаются трещинами по окраинам, параллельно контактам с окружающими породами – возникает отдельность *глыбовая*. Если трещины пересекают друг друга перпендикулярно, то возникает *параллелепипедальная* отдельность. Глыбовые и параллелепипедальные отдельности характерны интрузивам основного и среднего состава (габбро, сиенитам, диоритам). Выветривание сглаживает вершины и ребра параллелепипедов – образуется *матрацевидная* отдельность, присущая интрузивам кислого состава (гранитам и гранодиоритам).

Столбчатая и *шаровая* отдельности свойственны эфузивам. Внутри быстро остывающих лавовых потоков и покровов возникают вертикальные системы трещин, разбивающие породу на параллельные столбы (призмы) – так возникает *столбчатая* отдельность. Столбчатая отдельность присуща эфузивам основным (базальтам), в меньшей степени – средним (андезитам). Базальты рассекаются трещинами на пяти- или шестигранные вертикальные столбы (трещины ориентируются перпендикулярно охлаждающейся поверхности). На дне океана расплав основного состава остывает быстро, стягиваясь к разрозненным центрам. Вокруг таких центров возникают сферические трещины – формируется *шаровая* отдельность, в которой каждый шар разделен на скорлупки.

Происхождение магматической породы, т. е. условия застывания расплава, определяется анализом структур, текстур и отдельностей.

Интрузивные (глубинные, плутонические) породы возникают в глуби земной коры и делятся на абиссальные (сверхглубинные) и гипабиссальные (приповерхностные). *Абиссальные* породы образуют гигантские тела, засты-

вают долгое время при высоких температурах и давлении. Поэтому структура абиссальных пород *полнокристаллическая, равномернокристаллическая и крупнокристаллическая* – кристаллы четко выражены, размеры их крупные и примерно одинаковые. Текстуры абиссальных пород *массивные* или *пятнистые*. Гипабиссальные породы быстро застывают при невысоких температурах и давлении. Наряду с крупными кристаллами, в породах возникают мелкие. Поэтому гипабиссальные породы характеризуются *полнокристаллической*, но *неравномернокристаллической (порфировидной)* структурой и *пятнистой* текстурой.

Эффузивные породы возникают на поверхности, где давление невелико и температура лавы падает быстро. Основная масса расплава почти полностью раскрystаллизовывается, и лишь кристаллы отдельных минералов могут выделяться на однородном бесструктурном фоне. Порода приобретает типичное либо *порфировое*, либо *стекловидное* строение. Вырывающиеся газы могут придать эффузивам *ноздреватую (пористую, пузырчатую)* текстуру (пемза). Эффузивные потоки и покровы, обогащенные вулканическим стеклом, со временем разрушаются – в силу этого эффузивные породы делятся на *кайнотипные* (молодые, неразрушенные) и *палеотипные* (древние, разрушенные).

Химическая классификация магматических пород опирается на содержание двуокиси кремния – SiO_2 , которую иначе называют кремнекислотой или кремнеземом. По содержанию кремнезема магматические породы делятся на *кислые* (более 65 % SiO_2), *средние* (65 – 52 %), *основные* (52 – 45 %), *ультраосновные* (менее 45 %). Ни в коем случае нельзя путать содержание в породах кремнезема (SiO_2) и минерала кварц (также SiO_2): химическое единение кремнезем есть во всех магматических породах, поскольку главными в них являются минералы класса силикатов, тогда как минерал кварц присутствует лишь в некоторых. Больше всего кварца содержится в кислых породах. Химический состав пород внешне проявляется в *соотношении темных и светлых минералов*: чем кислее порода, тем она светлее. К темноокрашенным минералам относят черные и зеленые. Светлоокрашенные породы называют *лейкократовыми*, а темноокрашенные – *меланократовыми*. Химический состав породы предварительно оценивается по *цветному числу (цветному индексу)* породы (процентному содержанию темных кристаллов):

- менее 10 % темных – порода кислая;
- 10 – 50 % темных – порода средняя;
- 50 – 90 % темных – порода основная;
- более 90 % темных – порода ультраосновная.

Необходимо учитывать, что прозрачные кристаллы кварца нередко создают иллюзию «затемнения» породы – насыщенный кварцем образец не-

редко кажется темным. Вращая такой образец, можно увидеть, как кристаллы, казавшиеся черными «провалами», обретают прозрачность и присущий кварцу жирный блеск. Тем более темной представляется порода, содержащая черную разновидность кварца – морион. Поэтому, при изучении светлых или серых пород особенно важно убедиться в наличии или отсутствии кварца – он легко диагностируется по жирному блеску.

Определяя химический состав по окраске, не следует останавливаться на каком-то одном классе. Так, светлый образец первоначально оценивают как кислый или средний. Лишь позднее, после определения минерального состава, можно будет уверенно отнести его к одной из групп.

Главными породообразующими минералами большинства магматических пород являются следующие.

- Кислых пород – кварц, ортоклазы.
- Средних пород – ортоклазы, плахиоклазы, роговая обманка.
- Основных пород – плахиоклазы, пироксены.
- Ультраосновных пород – пироксены, оливин.

Кварц никогда не является главным в породах основных и ультраосновных. Не бывает много ортоклаза в основных породах. Все полевые шпаты (ортоклазы и плахиоклазы) отсутствуют в породах ультраосновных. Оливин и пироксены (авгит) не являются главными в породах кислых и средних.

Определяя химический состав, полезно оценить *цветовую характеристику* породы, прежде всего, выраженность либо зеленых (холодных) тонов, либо желтых и красных (теплых). Чем больше в породе темных минералов и чем ярче зеленый оттенок, тем ближе порода к основным. Наоборот, теплые тона окраски характерны породам с высоким содержанием кремнезема (кислым и некоторым средним).

Наконец, косвенным признаком химического состава породы выступает ее *удельный вес* – чем тяжелее порода, тем ближе она к основным.

Минералогический состав магматических пород зависит от химического состава расплава. Последний определяется процессами дифференциации магмы. Поэтому важно помнить реакционный ряд Боуэна, отражающий последовательность кристаллизации минералов из магмы: первыми кристаллизуются самые тугоплавкие минералы, а затем все более легкоплавкие.

Тугоплавкие, тяжелые
Черные, зеленые, зелено-серые (холодные тона окраски)
оливин→пироксены→плахиоклазы→амфиболы→биотит→

Легкоплавкие, светлые
Светлые (теплые тона окраски)
ортоклаз→мусковит→кварц

Тугоплавкие минералы обладают цветом от зеленого до зелено-серого и черного, тогда как легкоплавкие отличаются светлыми тонами (белый, жел-

то-серый, красно-бурый и др.). Любая магматическая порода преимущественно состоит из минералов, соседствующих в ряду Боуэна. Поэтому оливин редко встречается в породе, состоящей из ортоклаза и кварца. Наоборот, проблематично найти кварц или ортоклаз в породе, сложенной оливином и авгитом.



Макроскопически минеральный состав определяется только у интрузивов. Однако и здесь возможны проблемы – например, различить ортоклаз и плалиоклазы, амфиболы и пироксены. В эфузивах определяются минералы порфировых включений – чаще всего кварц, полевые шпаты, роговая обманка. Определить название эфузивной породы поможет исследование блеска и формы порфировых выделений. В кайнотипных породах порфировые вкрапления идиоморфны (огранены) и ярко блестят. В большинстве палеотипных пород они ксеноморфны (сферичны) и блестят тускло.

Макроскопические признаки минералов ряда Боуэна.

- Оливин – оливково-зеленый или бурый; блеск стеклянный; спайность средняя; ярко выраженные кристаллы редки.
- Авгит – минерал группы пироксенов; зеленый, бурый или черный; блеск стеклянный; спайность совершенная; кристаллы призматические короткостолбчатые, с квадратным поперечным сечением. Разновидностями пироксенов являются черно-зеленый эгирин и ярко-зеленый диопсид – они образуют лучистые агрегаты игольчатых кристаллов.
- Плалиоклазы – белые, светло- или темно-серые холодных тонов; блеск стеклянный; спайность совершенная; кристаллы крупные таблитчатые. Лабрадор обладает сине-зеленой иризацией.
- Роговая обманка – темно-зеленая до черного; блеск шелковистый; спайность совершенная; кристаллы столбчатые, игольчатые, с продольной штриховкой на гранях.
- Биотит – черный, бурый; блеск яркий перламутровый, стеклянный; спайность весьма совершенная; кристаллы пластиначатые, таблитчатые.
- Ортоклаз – кремовый, розовый, красный, теплых тонов белого, серого, лишь амазонит ярко-зеленый; блеск стеклянный; спайность совершенная. Ортоклазы присущи только кислым и средним породам.
- Мусковит – бесцветный или светло-серый прозрачный; блеск очень

яркий перламутровый, стеклянный; спайность весьма совершенная; кристаллы пластинчатые, таблитчатые.

- Кварц – прозрачные кристаллы бесцветные, молочные, розовые, черные и др.; блеск жирный, яркий (если кристаллы без трещин); спайность несовершенная. Кварца всегда много в породах кислых; иногда он содержится в породах средних; никогда не встречается в основных и ультраосновных.

Среди светлых минералов нужно различать кварц и полевые шпаты. Кварц отличается ярким жирным блеском и отсутствием спайности. Полевые шпаты обладают ровным стеклянным блеском и совершенной спайностью. Слюды (мусковит и биотит) среди всех минералов ряда Боуэна выделяются наиболее ярким блеском – в породе они подобны осколкам зеркал (обычно белых, золотистых, черных).

Многочисленна группа *аксессорных* минералов: слюды, сульфиды, окислы и проч. Даже кварц может выступить аксессором в породах среднего состава, оливин – в кислых породах и т. д.

2. 2. Характеристика магматических пород

В определителе наиболее распространенные магматические породы разделены по происхождению на две группы: интрузивную и эфузивную (табл. 2). Каждая группа разделяется по химическому составу.

Интрузивные породы – полнокристаллические по структуре.

- Кислые (цветное число менее 10) – граниты, гранитные пегматиты.
- Средние (цветное число 10 – 50) – сиениты, сиенитные пегматиты; диориты, кварцевые диориты.
- Основные (цветное число 50 – 90) – габбро.
- Ультраосновные (цветное число более 90) – дуниты, пироксениты, перидотиты.

Необходимо обратить внимание на понятие аналог. *Аналогами* называют породы, одинаковые по химическому и минеральному составу, но отличные по структуре и текстуре в силу разных условий застывания магмы. Выделяют аналоги интрузивные, жильные и эфузивные. Например, из магмы кислого состава образовались породы как в глуби Земли, так и на ее поверхности. При этом в абиссальной зоне возникли полно- и равномернокристаллические граниты. В гипабиссальной зоне – полнокристаллические, порфировидные, пятнистые граниты-рапакиви. В узких трещинах сформировались полно- и гигантокристаллические гранитные пегматиты с пегматитовой текстурой. На поверхности, после извержения этой же магмы, застыли неполнокристаллические порфировые или стекловатые кварцевые порфиры и ли-

париты. Таким образом, цепочка аналогов будет представлена всеми названными породами – их химический и минеральный составы идентичны, однако внешний вид абсолютно разный. Краткий перечень некоторых интрузивных пород и их эфузивных аналогов выглядит следующим образом.

- Гранит, гранодиорит, гранитный пегматит – кварцевый порфир; липарит.
- Сиенит, сиенитный пегматит – трахит.
- Диорит – андезит; андезитовый порфириит.
- Габбро – базальт; диабаз.
- Пироксенит, дунит, перидотит – пикрит; кимберлит.

Обсидианы, вулканические туфы, пемзы и все эксплозивные (пирокластические) породы отличаются непостоянством химического и минерального состава. Они могут служить эфузивными аналогами разных интрузивных пород: кислых, средних и основных.

Формы залегания магматических тел определяются химическим составом и условиями застывания магмы. Чем больше в магме кремнезема, тем ниже ее подвижность. Породы кислого состава формируют тела компактные, сфероидальные: батолиты и штоки – среди интрузивов, купола – среди эфузивов. Наоборот, жидкая основная магма под землей легко проникает даже в узкие трещины, образуя дайки, пластовые интрузии. На поверхности основная магма растекается на большие расстояния, создавая потоки и покровы. Расплавы среднего химического состава в силу изменчивой вязкости создают тела разных форм.

Гранит – кислая интрузивная порода. Окраска от почти белой до серой, оранжево-желтой, розовой, мясо-красной. Состоит из кварца (30 % объема породы, иногда до 50 %), ортоклаза; акцессорами обычно служат роговая обманка, мусковит и биотит. Разновидности гранита получают название либо по минеральному составу, либо по структурно-текстурным особенностям. Так, по преобладающим темным минералам выделяют гранит *биотитовый, роговообманковый, пироксеновый* и проч. Структура гранита полно-кристаллическая, равномерно-кристаллическая или порфировидная; текстура – массивная или пятнистая. Мелкокристаллическую разновидность, почти лишенную темных минералов, называют *аплит*. Порфировидные граниты с гигантскими изометричными кристаллами красного ортоклаза, отороченными мелкими кристаллами кварца – *гранит-рапакиви*. В земной коре граниты образуют батолиты, штоки, реже – лополиты, дайки. Гранитам характерна пластовая матрацевидная отдельность.

Гранодиорит (кварцевый диорит) – кислая полнокристаллическая интрузивная порода серого цвета. Отличается от гранита более темной окраской и минеральным составом. В гранодиоритах кварца содержится меньше,

а среди полевых шпатов, как правило, преобладают плагиоклазы (более 70 % от всех полевых шпатов породы). Таким образом, гранодиорит темнее гранита, его окраска более холодная, жирно блестящих кристаллов кварца в нем меньше. Следовательно, если кварца в интрузивной породе много, и цветное число не более 10, то это гранит; если же в присутствии кварца цветное число достигает 25 – кварцевый диорит. Формы залегания гранодиоритов и гранитов одинаковы.

Гранитный пегматит – кислая и светлая интрузивная порода, жильный аналог гранита. Структура полнокристаллическая, от средне- до гигантокристаллической. Главные породообразующие минералы те же, что и у гранита. Пегматиты отличаются повышенным участием летучих компонентов (H_2O , B, F, Cl и др.), а также минералов, содержащих редкие элементы (бериллий, уран, ниобий, литий и др.). Главным отличительным признаком служит пегматитовая текстура – взаимно прорастающие кристаллы создают неповторимый рисунок на каждом новом сколе. Иногда рисунок напоминает древнюю клинопись – тогда породу называют *письменным гранитом*. С пегматитами связаны месторождения мусковита, берилла, изумруда, турмалина, циркона, топаза.

Липарит (риолит) – кайнотипная эфузивная порода кислого состава. Липариты светло-серые, теплых оттенков. Структура порфировая – преобладает стекловатая масса, в которую вкраплены кристаллы кварца и, нередко, ортоклаза. Чаще встречаются *идиоморфные* (угловатые) кристаллы. Чаще всего угловатые кристаллы кварца молочно-белые, непрозрачные (по причине трещиноватости). Текстура породы ноздреватая, нередко флюидальная. Липариты образуют купола, реже – потоки, дайки.

Кварцевый порфир (риолитовый порфир) – кислая палеотипная эфузивная порода. Цвет серый, бурый, розовый, кирпичный. Структура порфировая – в стекловатую массу вкраплены *ксеноморфные* (сферические) кристаллы ортоклаза и кварца. Сферические кристаллы кварца обычно прозрачны. Текстура породы массивная, реже ноздреватая. Кварцевые порфиры залегают так же, как и липариты.

Сиенит – интрузивная порода среднего состава. Структура полнокристаллическая, обычно среднекристаллическая. Порода похожа на гранит, от которого отличается отсутствием кварца – сиениты состоят из ортоклазов (до 70 %), слюд и роговой обманки (до 10 %), а также из плагиоклазов. Цвет ортоклаза определяет окраску сиенита: либо красно-бурую, либо серую. Сиениты формируют штоки, дайки. Сиенитам свойственна пластовая или параллелепипедальная отдельность.

Сиенитный пегматит – светлая порода среднего состава, жильный аналог сиенита. Структура полнокристаллическая, от средне- до гиганто-

кристаллической. Главные породообразующие минералы те же, что и у сиенита. Текстура пегматитовая.

Нефелиновый сиенит – интрузивная полнокристаллическая порода красно-бурого, серого цвета. Состоит из полевых шпатов и нефелина. В отличие от прозрачного кварца, нефелин непрозрачен. Эти два минерала никогда не образуют парагенезиса. В земной коре нефелиновые сиениты образуют штоки, дайки. Эффузивные аналоги нефелинового сиенита крайне редки – представлены фонолитами и фонолитовыми порфирами.

Трахит – кайнотипный эффузивный аналог сиенита. Окраска от зеленовато-серой до розово-серой, иногда белая. Структура порфировая, текстура ноздреватая, но диаметр пор мал (1 мм и менее). В порфировых вкраплениях представлены идиоморфные кристаллы зеленой роговой обманки, слюд, полевых шпатов. Трахиты образуют купола, потоки.

Диорит – интрузивная порода среднего состава. Цвет зеленовато-серый, структура полнокристаллическая, чаще всего среднекристаллическая. Состоит из плагиоклазов (до 50 %) и роговой обманки (до 45 %). Среди акцессоров типичны биотит и авгит, реже встречается оливин. Диориты образуют штоки, лакколиты, жилы.

Анdezит – кайнотипная эффузивная порода, аналог диорита. Окраска зелено-серая темная. Структура порфировая. Порфировые включения представлены идиоморфными, удлиненными кристаллами плагиоклазов и роговой обманки. На поверхности кристаллов хорошо различимы стеклянный блеск и совершенная спайность. Текстура либо пористая, причем поры крупные (до 1 см и более), либо миндалекаменная. Андезиты залегают покровами, потоками, куполами.

Анdezитовый порfirит – палеотипная эффузивная порода, аналог диорита. Цвет породы зелено-серый, темно-серый, структура порфировая. Вкрапленники образованы грязно-серыми кристаллами полевых шпатов, поверхность которых почти лишена блеска, плоскости спайности просматриваются с трудом. Андезитовые порфиры залегают покровами, потоками, куполами.

Габбро – интрузивная порода основного химического и непостоянного минерального состава. Габбро являются темноцветными породами, их главный признак – господство зеленых или черных (темно-серых) минералов. Поэтому название конкретному образцу дается по преобладающему темному минералу: габбро лабрадоритовое, рогово-обманковое, пироксеновое и др. Структура габбро полнокристаллическая, равномернокристаллическая. На долю светлых (серых) кристаллов плагиоклазов приходится не более 40 %, тогда как остальные 60 % (и даже более) заняты черно-зелеными роговыми обманками, авгитом, оливином. Габбро формируют собой крупные

лакколиты и пластовые интрузии. Габбро характерны пластовая, глыбовая и параллелепипедальная отдельности.

Базальт – кайнотипный эфузивный аналог габбро. Цвет от темно-серого до густо-черного, порода очень тяжелая. Структура афировая или порфировая, текстура пористая. Порфировые включения представлены идиоморфными кристаллами роговой обманки и плагиоклаза – они резко выделяются на темном фоне основной массы породы. Базальты являются самыми распространенными вулканическими породами: ими сформированы гигантской площади вулканические покровы (траппы) и потоки; базальтовый слой лежит в основании всей земной коры. Базальтам свойственна столбчатая пяти- или шестигранная отдельность. При подводных извержениях базальты обретают матрацевидную отдельность. Выветривание железистых базальтов придает им ржаво-бурый цвет.

Диабаз – палеотипная эфузивная или гипабиссальная порода, аналог габбро. Очень характерен серо-зеленый цвет. Структура скрытокристаллическая или порфировая. Диабазы состоят из сильно разрушенных плагиоклазов и пироксенов. Диабазы слагают собой дайки, пластовые интрузии, вулканические покровы.

Пироксенит – интрузивная ультраосновная порода. Цвет черный, черно-зеленый; структура полнокристаллическая, средне- и крупнокристаллическая, равномернокристаллическая. Пироксениты состоят из пироксенов (до 75 %) и оливина (до 30 %). Пироксениты, как и другие интрузивы ультраосновного состава, распространены ограниченно; в земной коре все они формируют небольшие батолиты и штоки.

Дунит – интрузивная порода ультраосновного состава. Цвет от черного до черно-зеленого; структура полнокристаллическая, мелко- и среднекристаллическая, равномернокристаллическая. Дуниты состоят из округлых средних или мелких кристаллов оливина. Выветриваясь, оливин превращается в минерал серпентин, поэтому на поверхности выветрелых образцов дунита контрастно выделяется светло-оливковая кора выветривания, отличающаяся от темно-зеленой «сердцевины» породы.

Перидотит – интрузивная порода ультраосновного состава. Цвет черно-зеленый, структура полнокристаллическая, мелко- и среднекристаллическая, равномернокристаллическая. Перидотиты состоят из оливина (до 70 %) и пироксенов, кора выветривания на их поверхности может отсутствовать, либо иметь размытую границу.

Ряд изверженных пород отличается непостоянством состава – химического и минералогического. В первую очередь это касается пород пирокластических (обломочных вулканических): **вулканических бомб и глыб, лапиллей, вулканического песка, пепла и пыли**, а также **вулканических ту-**

фов (спекшихся изверженных обломков). Непостоянным составом обладают также обсидианы и пемзы.

Обсидианы – вулканические стекла массивной или ноздреватой текстуры. Образцы этой породы более всего напоминают застывшую смолу. Обсидиану свойственны ярко выраженный раковистый излом и бритвенно-острые полупрозрачные сколы.

Пемза - макропористая, очень легкая, не тонущая в воде изверженная порода. Для пемзы наиболее характерна окраска серая (светло-, сизо- или темно-серая), а также кирпично-бурая.

Вулканические туфы – макропористые, но, в отличие от пемзы, тонущие в воде. Окраска самая разная.

2. 3. Диагностические признаки осадочных пород

Осадочные горные породы возникают на поверхности Земли в результате накопления минеральных и органических веществ. Более 90 % объема осадочных пород накопилось на дне водных бассейнов: океанов и водоемов суши. Осадочные породы по сути являются вторичными – для их возникновения необходимо исходное минеральное вещество. Его источниками являются процессы внешней и внутренней геодинамики, а также космические силы.

Для определения названия осадочной породы выявляют ее вещественный состав, структуру, текстуру, удельный вес и особенности окраски. Эти характеристики зависят от происхождения пород. *Генезис отложений* определяется той геологической силой, которая транспортировала и отлагала исходный материал. Выделяют обширный перечень *генетических типов* осадочных отложений: аллювиальных, озерных, болотных, морских, золовых и проч. В состав отложений одного генетического типа могут входить породы самого разного состава. Например, среди болотных отложений представлены торф, сидерит, известняк и проч. И наоборот, одна и та же горная порода может формироваться разными геологическими силами. Так, пески могут иметь происхождение речное, озерное, морское, золовое и др.

Структуры осадочных пород характеризуют размер, форму и вещественный состав слагающих частиц. По *составу* осадочные породы делятся на пять больших групп: обломочные, глинистые, органические, хемогенные, смешанные. Выделяют четыре *группы структур* осадочных пород: обломочная (зернистая), глинистая (скрытозернистая), биоморфная, кристаллическая.

Обломочная (зернистая, кластическая) группа структур присуща породам, сложенным обломками минерального состава (песок, галька). Внутри

обломков минералы поддаются диагностике – по их блеску, спайности, излому и проч.

Глинистая (скрытозернистая) группа структур отличается тем, что различить составные частицы невозможно – следовательно, конкретное название глин определяется с помощью микроскопа. В целом же глины обладают столь неповторимыми характеристиками, что их макроскопическое определение обычно не вызывает затруднений.

Биоморфная группа структур свойственна породам, состоящим из остатков органического вещества (торф, известняк-ракушечник). Диагностическими признаками здесь выступают изогнутые контуры составных частей породы и повторяемость этих контуров во множестве частиц – ведь органические породы обычно формируются остатками одного вида организмов (или закономерной совокупности организмов). Неизмененные органические остатки обычно матовые, а подвергшиеся псевдоморфизму (окаменевшие) часто блестят. Сложности в макроскопическом определении биоморфных структур возникают при работе с породами, состоящими из мельчайших частиц – таких как мел, диатомит и проч.

Кристаллическая группа структур присуща хемогенным породам, образование которых связано с кристаллизацией веществ из растворов. Почти все хемогенные осадочные породы являются мономинеральными, в большинстве своем обладают блеском, спайностью и другими свойствами уже известных Вам минералов.

В породах смешанного состава сочетаются разные структуры.

Текстура осадочной породы – это характер взаимного расположения составляющих ее частиц, рисунок поверхности породы. Текстурные особенности осадочных пород формируются геологическими процессами – поэтому текстурные признаки являются важнейшими при установлении генезиса отложений. Выделяют текстуры слоистости, пористости, трещиноватости, отпечатков, ископаемой ряби. В зависимости от времени и причины формирования, текстуры разделяют на три группы: первичные, вторичные и эпигенетические.

Первичные текстуры возникают при осадконакоплении, и отражают особенности динамики геологической силы – например, стоячая вода формирует горизонтальную слоистость, а текучая косую. Изучению первичных текстур следует уделять наибольшее внимание.

Вторичные текстуры также сингенетичны осадконакоплению, но формируются процессами, не связанными с главной геологической силой – возникновение ледяных жил одновременно с накоплением делювия.

Эпигенетические текстуры связаны с процессами постседиментационного преобразования осадка – образование трещин усыхания на поверхности такыра.

Текстуры слоистости можно разделить слоистые и массивные. *Массивная* текстура проявляется в хаотичном распределении частиц. Она возникает под действием двух причин: отсутствия переноса и неупорядоченной во времени аккумуляции. Иными словами, она возникает тогда, когда главной силой является гравитация – исходный материал не перемещается горизонтально (как отложения обвалов и осыпей), или переносящая сила не способна сортировать (например, ледник). Массивной текстурой нередко обладают отложения моренные, лессовые. *Слоистые текстуры* формируются либо за счет избирательной сортировки материала на стадии переноса, либо в силу ритмичного накопление (например, по сезонам). *Горизонтальная слоистость* возникает в застойно-водных, спокойных условиях седиментации. *Волнистая слоистость* формируется медленными потоками. *Косая слоистость* – быстрыми потоками. *Перекрестная слоистость* – при смене направлений переноса.

Кроме слоистости, необходимо исследовать ориентировки длинных осей крупных обломков. Гальки морских и озерных пляжей вытянуты параллельно берегу. Речная галька в области стрежня ориентирована по направлению течения, а близ берега – под углом. Гальки донной морены вытянуты по направлению движения ледника.

Текстуры пористости обуславливаются разными причинами: характером и распределением цемента в породе, вещественным составом, процессами выщелачивания и проч. Выделяют следующие текстуры: плотная (нет пустот), микропористая (пустоты не различимы глазом), мелкопористая (диаметр пор менее 0,5 мм), крупнопористая (диаметр пор 0,5 – 2 мм), карбонатная (диаметр пор более 2 мм).

Текстуры трещиноватости, отпечатков, знаков ряби свидетельствуют о процессах либо сингенетических, либо эпигенетических. Например, глинистым породам характерны трещины усыхания – они возникают при уменьшении объема высыхающего глинистого осадка.

Удельный вес пород зависит от их состава и пористости. В полевых условиях знание разницы в удельном весе позволяет различить одинаковые по объему образцы внешне схожих пород.

Окраска пород зависит от ряда факторов: влажности породы, ее состава, окраски цемента и др. Определение окраски следует вести при естественном дневном свете и точно указывать влажность образца. В зависимости от времени и причины возникновения, выделяют окраску первичную, сингенетическую, вторичную.

Первичная (унаследованная) окраска определяется цветом породообразующих обломков. Породы приобретают ее или в результате господства физического выветривания, или при очень быстром накоплении и захоронении осадка. Белая окраска песков Беларуси свидетельствует о преобладании кварца, желтоватая – ортоклаза, зеленоватая – глауконита.

Сингенетическая окраска всегда заполняет весь слой и зависит от трех факторов: от цвета породообразующих обломков, их размера, а также от цвета цемента. Чем меньше диаметр обломков, тем порода темнее. Изучение сингенетической окраски помогает восстанавливать палеогеографические условия времени осадконакопления: красно-желтый и красный цвет возникает при седиментации в жарком влажном климате; ржаво-бурый до черного – в условиях жарких пустынь; оттенки желтого цвета свойственны застойно-водным аккумуляциям.

Вторичная окраска возникает под воздействием гипергенных процессов после накопления осадка. Поскольку эти процессы зависят от климата и времени, то вторичная окраска может распространяться на разную глубину, никак не согласуясь со слоистостью отложений. Темно-серый и черный цвет обусловлен пропиткой пород битумом, или же растворами, содержащими сернистое железо или соли марганца.

2. 4. Характеристика обломочных осадочных пород

Обломочные (кластические) породы состоят из твердых частиц, диаметр которых превышает 0,01 мм. Они являются продуктами деятельности геодинамических или космических процессов. Обломки возникают путем разрушения любых горных пород эндогенными или экзогенными силами. Важнейшим экзогенным процессом является выветривание – оно формирует трещины в материнских породах и создает первичные обломки, которые подвергаются дальнейшему переносу, изменению и отложению динамическими силами. В процессе переноса обломки уменьшаются в размерах и изменяют свою форму – чаще всего, становятся все более окатанными.

Структура обломочной породы определяется тремя главными признаками: размером и формой слагающих зерен, наличием (или отсутствием) цементирующего вещества.

Размер зерен (гранулометрический состав) определяется как в абсолютных, так и в относительных показателях. Существуют разные классификации зерен по *абсолютному размеру*, применяемые в зависимости от целей изучения пород. В этих классификациях частицы разделяются на грубо-, средне- и мелкообломочные.

- *Грубообломочные (псефитовые)* – диаметром более 1 мм.

- *Среднеобломочные (псаммитовые, песчаные) – 1 – 0,1 мм.*
- *Мелкообломочные (алевритовые, пылеватые) – 0,1 – 0,01 мм.*

По *относительному размеру* зерен выделяют структуры *разнозернистые* и *равнозернистые* (равномернозернистые).

По *форме* обломки разделяют на две группы: угловатые и окатанные. Форма обломков свидетельствует об их происхождении. *Угловатые* очертания присущи либо неперемещенным продуктам физического выветривания – элювию, либо перемещенным силой гравитации – коллювию (отложениям обвалов и осыпей). *Окатанные* формы возникают при истирании обломков во время их переноса движущейся силой – в первую очередь, водой. В полевых условиях, когда возможно лишь макроскопическое изучение пород, исследуется форма грубых обломков – песчаные и пылеватые различаются только по размеру. Диагностические признаки формы грубых обломков: плоская галька – продукт волноприбойной деятельности (пляжная); эллиптическая галька – переносилась русловым потоком; галька формы шара – возникла в водобойном колодце (под водопадом); галька формы утюга – транспортировалась ледником; галька в виде пирамиды (виндкантер, драйкантер, ветрогранник) – подвергалась ветровой обработке (корразии). Очевидно, что степень окатанности может быть разной: высокой, средней, низкой и др.

По *наличию цементирующего вещества* обломочные породы делятся на две группы: рыхлые и сцементированные. *Рыхлые* обломки ничем не связаны друг с другом. В *сцементированных* породах составные частицы скреплены между собой. Цементация пород является результатом либо сингенетических, либо, чаще всего, постседиментационных процессов. При цементации пространства между обломками заполняются связующим веществом: глинами, соединениями карбонатными, железистыми и проч. Известковый цемент придает породе светлую окраску (обычно белую) и способность вскипать с HCl. Окислы железа и алюминия окрашивают породу в бурые, ржавые, желтые тона. Окислы марганца – в черный цвет. Глинистый цемент придает породе тяжелый запах, особо ощутимый при увлажнении. Название сцементированной породе дается по размеру и форме образующих ее обломков (табл. 3). Сцементированные окатанные обломки называют конгломератами, угловатые – брекчиями.

Для определения средне- и мелкообломочных пород в полевых условиях нужно знать их макроскопические признаки.

Таблица 3

Гранулометрический состав обломочных пород и глин

Диаметр частиц (мм)	Рыхлая порода		Сцепментированная порода	
	Обломки окатанные	Обломки угловатые	Обломки окатанные	Обломки угловатые
Более 100	Валун	Глыба	Валунный конгломерат	Глыбовая брекчия
100 – 10	Галька	Щебень	Галечный конгломерат	Брекчия щебня
10 – 1	Гравий	Дресва	Гравийный конгломерат (гравелит)	Брекчия дресвы (дресвелит)
1 – 0,1	Песок		Песчаник	
0,1 – 0,01	Алеврит		Алевролит	
< 0,01	Глина		Аргиллит	

Пески шершавые на ощупь, царапают ладонь; сухие песчинки легко стряхиваются с ладони, оставляя ее чистой; отдельные песчинки легко различимы невооруженным глазом.

По гранулометрическому составу пески делят на три группы:

- *крупнозернистые* (1 – 0,5 мм);
- *среднезернистые* (0,5 – 0,25 мм);
- *мелкозернистые* (0,25 – 0,1 мм).

По относительному размеру зерен пески бывают *равнозернистыми*, т. е. сортированными, и *разнозернистыми*, или несортированными.

По минеральному составу пески делят на три группы:

- *мономиктовые* (*мономинеральные*) – на один минерал приходится более 95 % объема песка;
- *олигомиктовые* – один минерал составляет 75 – 95 % объема песка;
- *полимиктовые* (*полиминеральные*, *граувакки*) – участие каждого минерала менее 75 % объема песка).

Шире всего на планете распространены пески *полевошпатово-кварцевого* и *кварцевого* состава (соответственно светло-желтые и белые). Господство кварца в песчаных и алевритовых породах объясняется двумя причинами: широким распространением кварца в составе кристаллических пород и его высочайшей устойчивостью – как механической, так и химической. Нередки также пески *кварцево-глауконитовые* (зеленые) и *железистые* (бурые от окисных пленок пустынного загара). Реже встречаются темноцветные пески – аркозовые и магнетитовые.

Алевриты почти не царапают ладонь; в сухом виде стираются с ладони, частично оставаясь в складках кожи; пылинки практически не различимы

глазом. Несмотря на кажущуюся мягкость, алеврит оставляет на стекле мельчайшие царапины – стекло, если тереть его пылью, постепенно теряет прозрачность (становится матовым). В минеральном составе алевритов господствует кварц. Окраска алевритов почти всегда светлая: палевая, белесая, светло-желтая, буроватая. Вместе с тем, обогащение алевритов химическими соединениями или органическими примесями может обусловить изменения окраски. Из алеврита состоит лёсс – палевая массивная пористая карбонатная горная порода золового происхождения. Алевритовые осадки накапливаются также на дне озер, морей – они обладают горизонтальнослойистой текстурой.

Алевролиты – сцементированные алевриты. Алевролиты возникают в песчано-алевритовых и алевритовых осадках – за счет цементации (как правило, кальцитом). Обычно алевролиты представлены разными стяжениями: желваками, шаровидными образованиями (катьшами, дутиками, журавчиками). Поверхность стяжений гладкая, излом неровный; окраска такая же, как и алевритов. Известковый цемент обуславливает бурную реакцию алевролитов с кислотой – поэтому образцы алевролита можно спутать с известняками. В этом случае диагностическим признаком выступает твердость – образец следует потереть по гладкой поверхности стекла, крепко прижимая. Если стекло станет матовым – порода является алевролитом; если стекло не поцарапается – известняком.

2. 5. Характеристика глинистых осадочных пород

Глины состоят из твердых частиц диаметром менее 0, 01 мм, поэтому структура глин *скрытозернистая*. Кристаллы глинистых минералов возникают при химическом выветривании – поэтому все они гидратированы. Конкретное название глин соответствует минеральному составу: каолинитовые, монтмориллонитовые и проч. Эти минералы диагностируются под микроскопом. Маломощные глинистые осадки элювиального происхождения встречаются почти повсеместно. Мощные слои глин накапливаются на дне крупнейших застойных водоемов.

Перечислим отличительные признаки глин. Ладонь скользит по поверхности глин; глины почти не стираются с кожи; глинистые частицы не различимы глазом. Глины легко царапаются ногтем – их твердость 1, и легко полируются ногтем, приобретая блеск. Глины очень гигроскопичны – легко впитывают воду, резко увеличиваясь в объеме, а при избытке воды превращаются в текучую массу. Из-за гигроскопичности сухая глина липнет к мокрому пальцу; при намокании глина издает специфический тяжелый запах. Размокшие глины пластичны, способны принять любую форму и со-

храняют ее после высыхания. После высыхания глина твердеет, а после обжига обретает каменную прочность.

Глины, лишенные более крупных частиц, называются *жирными*, тогда как обогащенные песками или алевритами – *тощими*. При смешении пясмитов и алевритов с глинистыми частицами возникают такие породы, как супеси и суглинки (табл. 4).

Таблица 4
Сопоставление классификаций рыхлых пород смешанного состава

Содержание частиц размером 0,01 мм, %	По Н. М. Сибирцеву	По Л. Б. Рухину
До 5	Песок	Песок
5–10	Песок глинистый	Песок глинистый
10–20	Супесь грубая	Алевриты грубозернистые (тонкозернистые пески)
20–30	Супесь тонкая	Алевриты крупнозернистые
30–40	Суглинок грубый	Алевриты мелкозернистые
40–50	Суглинок тонкий	Алевриты тонкозернистые
50–60	Глина грубая	Глина песчанистая
60–75	Глина тонкая	Глина алевритистая
75 и более	Глина типичная	Глина типичная

Каолин – скопление каолинита высокой чистоты и пластичности. Твердость 1, мучнистый, белый, размокает в воде, с HCl не реагирует. Чистые каолиновые глины возникают при размыве каолиновой коры выветривания и последующем переотложении на дне водоемов. Используется в целлюлозо-бумажной, пищевой, парфюмерной, керамической промышленности, строительстве, применяется как огнеупор.

Боксит – плотная, землистая или оолитовая порода красного или буро-желтого, редко – серого цвета. Бокситы состоят из гидроокисей алюминия, и почти всегда содержат примесь гидроокисей железа. Твердость бокситов 1–3, черта желтая, но примесь железистых минералов придает ей оранжевый или коричневый оттенок; в воде боксит не размокает. Промышленные залежи бокситов возникают при размыве коры выветривания и последующем переотложении гидроокислов на дне водоемов. Боксит является главной рудой на алюминий.

Аргиллит – сцементированная глина, т. е. продукт диагенетических преобразований глины. Окраска аргиллитов разная, поверхность их гладкая, характерен раковистый излом. Внешне аргиллиты могут напоминать микрозернистый известняк – в отличие от него, аргиллиты не вскипают с кислотой. Процессы диагенеза ведут к обезвоживанию глинистых минералов. По-

этому аргиллиты лишены практически всех диагностических признаков глин (не поглощают воду и проч.).

2. 6. Характеристика органических осадочных пород

Органические породы состоят из органических остатков или из продуктов жизнедеятельности организмов. Накапливаются они почти всегда в водоемах и состоят, преимущественно, из скелетных остатков беспозвоночных: в первую очередь морских, в меньшей степени – пресноводных. Главным признаком органического состава служит наличие различных остатков животных или растений. Органическое вещество, в отличие от минерального, лишено блеска и прямолинейных очертаний. Выделяют три главных *структуры* органогенных пород:

- *биоморфная структура* – порода сложена целыми скелетами;
- *детритусовая структура* – порода сложена обломками скелетов;
- *биоморфно-детритусовая структура* – порода сложена как целыми, так и раздробленными скелетами.

Среди текстур органических пород распространены *слоистые*, иногда отмечается *массивная*, характерна *пористая*. Чаще всего ископаемые органические породы подверглись псевдоморфизму, в силу чего приобрели блеск (обычно стеклянный). По химическому составу органические породы делят на три группы: карбонатные, кремнистые, углеродистые.

1. *Карбонатные породы* называются известняками. *Известняки* сложены наружными скелетами (раковинами, скорлупками) животных или растений, нередко с примесями алевритовых, глинистых или песчаных частиц. Известняки состоят из кальцита, поэтому бурно вскипают с HCl. Органические известняки обладают, как правило, пористой или даже кавернозной текстурой, хотя встречаются и плотные разновидности. Окраска известняков возможна любая, однако преобладают светлые тона. В зависимости от породообразующих организмов, органические известняки делятся на *зоогенные* (распространены широко) и *фитогенные* (встречаются реже). Наиболее распространены известняки *коралловые, ракушечниковые, брахиоподовые, фораминиферовые, мел*. *Брахиоподовые* известняки сложены двустворчатыми раковинами морских животных (класса щупальцевых), широко распространенных в палеозое. *Фораминиферовые* известняки чаще всего сложены крупными раковинами вымерших простейших организмов: *нуммулитов* (обитали в мелу – палеогене) с дисковидной или чечевицеобразной раковиной диаметром до 160 мм; или *фузулиnid* (распространились в карбоне – перми) с веретенообразной или шарообразной раковиной диаметром до 60 мм (соответственно, известняки *нуммулитовые* или *фузулиновые*).

ые). Мел образован скорлупками *кокколитофорид* – одноклеточных морских водорослей.

В результате метасоматоза состав известняков меняется – под действием магнезиальных подземных вод возникают *доломиты*, обладающие биоморфной структурой. Доломиты реагируют с HCl в порошке.

2. Кремнистые породы органического состава представлены диатомитами. *Диатомиты* возникают из диатомовых илов и состоят из микроскопических кремнистых остатков диатомовых водорослей. Диатомиты отличаются белой или серовато-желтой окраской, внешне очень похожи на мел, но не реагируют с HCl (лишь мгновенно впитывают кислоту). Диатомиты очень легкие; мучнистые (растираются пальцами в тончайшую пудру); микропористые, в силу чего быстро впитывают влагу.

3. Углеродистые породы (*каустобиолиты*) представлены торфом ископаемыми углами. Особенностью этих пород является горючесть. *Торф* – черная или бурая рыхлая порода, состоящая из полуразложившихся растительных останков, и пропитанная гуминовыми кислотами. Торфа накапливаются в болотах; делятся по составу на травяные, моховые, древесные и смешанные; по происхождению – на низинные и верховые. *Ископаемые угли* – горные породы, состоящие более чем на 50 % из органического углефицированного вещества. Ископаемые угли возникли в ходе постседиментационного преобразования на месте древних залежей торфа или сапропеля. Процесс углефикации протекает по стадиям: торф (сапропель) – бурый уголь (в т. ч. лигнит и багхед) – каменный уголь. *Бурые угли* обычно матовые, их твердость 1 – 1,5, они пачкают руки, дают бурую черту, их излом землистый, лишь у багхеда – раковистый. Содержание углерода в бурых углях достигает 70 %. *Лигнит* – слабоуглефицированный бурый уголь черно-коричневого цвета; нередко содержит хорошо сохранившиеся (слабообугленные) древесные остатки. *Багхед (сапроколит)* – черно-коричневая плотная, но легкая порода с раковистым изломом. Багхеды обогащены водородом (до 11 %), являются продуктом углефикации сапропелей, сформированных из отмерших сине-зеленых водорослей. *Каменный уголь* – более твердая порода (до 2,5) черного цвета и с черной чертой. Каменный уголь хрупкий, пачкает руки; блеск его матовый или смолистый; излом зернистый или раковистый. Содержание углерода в каменных углях достигает 85 %.

2. 7. Характеристика хемогенных осадочных пород

Хемогенные породы состоят из кристаллов, образующихся при выпадении минеральных солей из растворов. Поэтому *структура* хемогенных пород – кристаллическая, а состав преимущественно мономинеральный. Ха-

рактерными *текстурами* хемогенных пород являются слоистые, оолитовые, пористые. Хемогенные породы возникают на земной поверхности или в земной коре на малых глубинах. Как и органические, породы хемогенные разделяются по составу – выделяют группы известковых, кремнистых, железистых, алюминиевых, марганцевых, фосфатных, сульфатных и галогенных пород.

1. Известняки хемогенного состава возникают из перенасыщенных карбонатом кальция растворов. Они классифицируются по структурно-текстурным особенностям – выделяют туфы, оолитовые и микрозернистые известняки. Окраска их светлая – как правило белая, хотя примеси других веществ могут придавать разные цвета и оттенки. Так, примесь угля, битума или окиси марганца окрасит известняк в серый или даже черный цвет; окиси железа и алюминия – в желтый, бурый. *Известковые туфы* отличаются пористой текстурой. По происхождению они являются источниками – возникают благодаря деятельности подземных вод. В зависимости от условий формирования, их можно разделить на мучнистые и травертины. *Мучнистые известковые туфы (гажа)* накапливаются холодными подземными водами в толще грунта. Это рассыпчатые породы слоистой и пористой текстуры, малого объемного веса ($0,9 - 1,9 \text{ г}/\text{см}^3$). Мучнистые туфы светлые, почти белые, но иногда примеси окислов железа окрашивают их в бурьи тона. *Травертины* являются натечными формами – они возникают на поверхности, в местах выхода гидрокарбонатных вод: на склонах оврагов, речных долин. Цвет травертина снежно-белый, а в присутствии окислов железа желтый, буроватый. По сравнению с гажей, травертин значительно плотнее, хотя текстура его пористая или даже кавернозная. Нередко в травертине видны отпечатки растений и животных. Близ выходов горячих минеральных вод травертины образуют крупные поля (до нескольких км^2), а мощность их достигает 10 м и более. *Оолитовые известняки* состоят из шаровидных агрегатов кристаллов кальцита. Диаметр оолитов от 2 – 3 мм (*икряной камень*) до 8 – 10 мм (*гороховый камень*). Строение оолитов радиально-лучистое или скорлуповатое. Окраска варьирует от белой до буроватой. *Микрозернистые известняки* состоят из мельчайших кристаллов – менее 0,005 мм. Текстура их массивная, породы плотные. Окраска преимущественно светлая, хотя может быть любой. Разновидностью микрозернистых известняков является *литографский камень* – порода с ярко выраженным раковистым изломом, гладкой поверхностью.

2. Кремнистые породы встречаются реже известковых. Они представлены кремневыми стяжениями (желваками, конкрециями и жеодами), трепелом, опокой. *Кремневые стяжения* состоят из кварца, халцедона, опала или их сочетаний. Они распространены в карбонатных отложениях (мел,

известняках, мергеле) – возникают при метасоматозе известковых пород. Кроме того, кремневые стяжения образуются и при заполнении кремнекислотой пустот в горных породах. Цвет кремня черный, бурый, желто-бурый, бордовый. Возможны, хотя и редко, любые другие цвета. Распространены полосчатые разновидности. Твердость кремней около 7, им характерен раковистый излом. *Трепел* внешне неотличим от диатомита. Трепел состоит из микроскопических зерен опала. Окраска трепела белая, желтоватая или сероватая. Текстура трепела микропористая; порода гигроскопичная, очень легкая, мучнистая. *Опока* – очень легкая, микропористая, но сцементированная и твердая порода кремнистого состава. Цвет опоки от голубовато-серого до черно-серого, часто окраска пятнистая. Опоки гигроскопичны, обладают раковистым изломом – звонко раскалываются на острые обломки. В отличие от диатомита и трепела, опоки не растираются пальцем в пудру.

3. Железистые, алюминиевые, марганцевые породы по химическому составу делятся на ряд групп. Среди них наиболее распространены окислы и гидроокислы (лимонит, боксит, пиролюзит), карбонаты (сидерит), сульфиды (пирит, марказит). Чаще всего встречаются гидроокислы, представленные оолитовыми железняками и бокситами. **Оолитовые железняки** (бобовые железные руды) и **бокситы** сложены соответственно лимонитом и бокситом оолитовой текстуры. Они возникают либо в воде (при выпадении осадка из раствора), либо на суше (при выветривании основных и ультраосновных пород). **Железная крыша** из лимонита возникает также при выветривании залежей пирита. Лимониты и бокситы водного генезиса формируются как в соленых и пресных бассейнах, так и подземными водами. Характеристики железистых, алюминиевых и марганцевых пород приведены в первом разделе пособия.

4. Фосфатные, сульфатные и галогенные породы сложены гипергенного происхождения минералами соответствующих классов: фосфоритом, гипсом и ангидритом, галитом и сильвином и др. (раздел 1).

2. 8. Характеристика осадочных пород смешанного состава

Смешанные породы состоят из сочетаний обломков, органических, химических и глинистых частиц. Смешанные породы возникают при взаимодействии двух или более геологических процессов. По существу, многие выше охарактеризованные породы являются смешанными. Например, опоки, состоящие из химически осажденного опала, всегда содержат примесь органических кремнистых частиц. В формировании травертинов существенную роль играют бактерии, осаждающие углекислый кальций. В конечном итоге, представителями смешанных пород являются суглинки и су-

песи (в том числе валунные), конгломераты и брекчии, мергели и известковые глины, битуминозные известняки и проч.

Мергель – осадочная порода смешанного состава. Мергель содержит от 50 до 80 % кальцита и (или) магнезита, и 20 – 50 % глинистого вещества. Поэтому мергелю свойственны признаки как известняков, так и глин. Подобно глинам, мергель обладает тяжелым запахом и способностью разбухать в воде. Подобно известнякам, мергель бурно вскипает с HCl, но на месте реакции у мергеля возникает грязное пятно. Оно формируется глинистыми частицами, оседающими на поверхность после вскипания кислоты. Как правило, мергель является плотной породой. Излом его неровный, иногда раковистый. Окраска мергеля самая разная. Мергели, в которых кальцита содержится около 80 %, а доля MgO не превышает 3 %, называются *цементными мергелями* (из них производят портландцемент). При содержании кальцита менее 50 % породу называют *известковой (мергелистой) глиной*. При содержании кальцита более 80 % – *глинистым известняком*.

2. 9. Диагностические признаки метаморфических пород

Метаморфические горные породы формируются в земной коре путем эндогенного преобразования осадочных, магматических или метаморфических пород. В зависимости от происхождения исходных пород – осадочного или магматического, метаморфические породы соответственно называют *параметаморфическими* и *ортометаморфическими*. Метаморфическому преобразованию могут подвергнуться все характеристики ранее существовавшей породы: ее минеральный состав, структура, текстура, удельный вес и проч. Важнейшими факторами метаморфизма выступают высокая температура, высокое давление, воздействие магматических флюидов, а также вещественный состав исходной породы. Метаморфизм всегда сопровождается перекристаллизацией исходных горных пород – поэтому метаморфические породы полнокристалличны.

Структуры метаморфических пород разделяются почти по тем же критериям, что и пород магматических: по абсолютному и по относительному размеру кристаллов. По степени кристалличности деления нет – все без исключения метаморфические породы обладают *полнокристаллической структурой*. По этому признаку они совпадают с интрузивными породами. В продуктах низшей ступени метаморфизма могут частично сохраняться структурные признаки исходных пород – их относят к *реликтовым структурам*.

Абсолютный размер кристаллов растет пропорционально степени метаморфизма. Соответственно выделяют четыре вида структур:

- *мелекристаллическую* (менее 0,25 мм);
- *среднекристаллическую* (0,25 – 1 мм);
- *крупнокристаллическую* (1 – 10 мм);
- *гигантокристаллическую* (более 10 мм).

По относительному размеру кристаллов выделяют структуры гранобластовую (равномернокристаллическую) и порфиробластовую (неравномернокристаллическую). Гранобластовая структура присуща равномернокристаллическим породам с кристаллами изометричной формы. Порфиробластовая структура характеризуется большой разницей диаметров кристаллов, и тем, что в крупных кристаллах ярко выражены грани, ребра и вершины.

Текстуры служат главным диагностическим признаком метаморфических пород. Текстуры классифицируются по двум признакам: по форме кристаллов и по их взаимному расположению в породе.

По форме кристаллов выделяют следующие текстуры: *пластинчатую* (таблитчатую), *листоватую*, *чешуйчатую*, *игольчатую*.

По расположению кристаллов выделяют текстуры массивную, сланцеватую, полосчатую (гнейсовую), плойчатую, волокнистую, очковую.

- *Массивная* – определенной ориентировки кристаллов нет.
- *Сланцеватая* (плитчатая) – пластины или чешуи минералов расположены параллельно; породы сложены непрерывными слоями однородной мощности и раскалываются на тонкие плитки.
- *Полосчатая* (гнейсовая) – чередование полос разной окраски, мощности и минерального состава. В отличие от сланцеватой текстуры, полосчатая характеризуется прерывистостью.
- *Плойчатая* – тонкие, мелко гофрированные слои.
- *Волокнистая* – порода сложена параллельно вытянутыми волокнистыми или игольчатыми минералами.
- *Очковая* – разноцветные полосы с овальными утолщениями, обрамленными светлыми минералами.

Отдельности метаморфических пород делятся на реликтовые и метаморфические. Реликтовые отдельности унаследованы от исходных пород. Метаморфические отдельности возникают при метаморфизме и представлены кливажем. Кливаж – система параллельных трещин, рассекающих породу несогласно первичной текстуре.

Минеральный (и химический) состав метаморфических пород самый разнообразный – он определяется спецификой процесса метаморфизма и составом исходных пород. Главными породообразующими минералами служат и типично магматогенные (ряда Боузна), и пневматолитово-

гидротермальные, и собственно метаморфогенные. Метаморфизму характерна трансформация минерального состава по мере роста температуры и давления. Так, в породах низких ступеней метаморфизма широко представлены гидратированные минералы класса силикатов (слюды, хлорит и другие). Наоборот, в породах высшей ступени метаморфизма водные минералы отсутствуют – критической температурой для воды в составе минералов является 375 °С. Таким образом, рост температуры и давления обуславливает изменение структуры и минерального состава метаморфических пород.

2. 10. Характеристика метаморфических пород

Главным фактором метаморфизма выступает температура. По интенсивности процессов выделяют ступени метаморфизма: низшую, нижнюю, среднюю, высокую и высшую. Каждой ступени присущ определенный набор метаморфических пород – *метаморфическая фация* (табл. 5). Низшей ступени соответствует цеолитовая фация, нижней – зеленосланцевая, средней – эпидот-амфиболитовая и амфиболитовая, высокой – гранулитовая, высшей ступени – эклогитовая фация.

1. Породы цеолитовой фации формируются из глин и аргиллитов при минимальных температурах (до 200 °С) и давлении. Породы представлены сланцами глинистыми и аспидными, в составе которых преобладают гидратированные силикаты и кварц. *Глинистые (аргиллитовые) сланцы* возникают из аргиллитов, глин. Цвет глинистых сланцев любой – совпадает с цветом исходных глин, аргиллитов; структура мелкокристаллическая – кристаллы не различимы глазом, поэтому глинистые сланцы не блестят (матовые); текстура тонкосланцеватая (тонкослоистая). Сложенены глинистым материалом и, частично, продуктами метаморфического превращения глин: мельчайшими кристаллами кварца и слюд (серицита – мелкочешуйчатого мусковита), хлорита. Глинистые сланцы легко раскалываются по сланцеватости на тонкие гладкие пластины. *Аспидные (кровельные) сланцы* возникают из глинистых сланцев; отличаются большей твердостью и черным цветом – за счет преобразования органики в графит.

2. Породы зеленосланцевой фации представлены филлитами, зелеными сланцами, серпентинитами и другими породами. Они возникают на базе осадочных или магматических пород при сравнительно невысоких температурах (менее 250 °С) и давлении. Поэтому в их минеральном составе велика роль гидратированных силикатов. *Филлиты* – продукт полной перекристаллизации глин; возникают из глинистых и аспидных сланцев. Цвет филлитов обычно серый, черный, хотя примеси могут придавать и другую окраску (вишневую, бурую и др.). Структура мелкокристаллическая, но

кристаллы уже различимы глазом. Поэтому от глинистых сланцев филлиты отличаются шелковистым блеском. Текстура филлитов тонкосланцеватая, иногда плойчатая. Минеральный состав тот же, что и у глинистых сланцев (кварц, серицит, хлорит). В отличие от глинистых сланцев, филлиты раскальваются по плоскостям кливажа, т. е. под углом к слоистости. *Зеленые сланцы* являются продуктом преобразования магматических пород. Они представлены хлоритовыми, тальковыми и др. разновидностями. Возникают из эфузивов и интрузивов основного состава. Породы в большинстве своем являются мягкими, отличаются разными оттенками зеленого цвета. Структура их мелкокристаллическая (кристаллы различимы глазом); текстура чешуйчато-листоватая, сланцеватая.

Таблица 1

Диагностические признаки минералов

Твердость	Блеск	Цвет	Черта	Спайность. Излом	Формы выделе- ния	Плотность Прочие свой- ства	Название. Хим. состав. Класс	Происхождение	Практическое использование
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Полуметаллический	Серый до черного	Серовато- черная блестящая	Весьма совер- шенная. Мелкозернистый	Гексагональные пластинки и листочки	2,1 г/см ³ Пачкает руки и бумагу, жирный на ощупь	Графит; С Самородные	Метаморфогенное, магматогенное	Про-во пла- вильных тиг- лей, электро- дов, замедли- телей нейтро- нов, смазок, карандашей
1 – 7	Полуметаллический	Серый до черного	Сажисто- черная	Отсутствует. Мелкозернистый	Конкреции, оолиты, по- рошковатые массы	4,4 – 5,1 г/см ³ Пачкает руки	Пиролузит; MnO ₂ Оксиды	Гипергенное	Главная мар- ганцевая руда
1 – 2	Матовый, (под микроскопом пер- ламутровый)	Белый (возможен любой)	Белая	Под микроско- пом весьма со- вершенная. Зем- листый	Землистые мас- сы	2,6 г/см ³ Жирный на ощупь, при намокании пластичный	Каолинит; Al ₂ [Si ₄ O ₁₀][OH] ₈ Силикаты (ли- стовые)	Гипергенное	Пр-во фарпо- ра, фаянса, огнеупоров
1	Перламутровый, жирный	Белый, голубой, зеленый, желтый	Белая	Весьма совер- шенная	Плотные массы и агрегаты: ли- стовые, чешуй- чатые или во- локнистые	2,5 – 2,8 г/см ³ Мыльный на ощупь	Тальк; Mg ₃ [Si ₄ O ₁₀][OH] ₂ Силикаты (ли- стовые)	Метаморфогенное	Пр-во кисло- го- и огнеупо- ров, бумаги, резиновых из- делий; меди- цина

1,5 – 2	Жирный	Желтый, лимонно-желтый	Бледно-желтая	Отсутствует. Раковистый	Тетрагональные кристаллы, порошковатые массы, натеки, корочки	2,0 г/см ³ Горючий, при трении электризуется	Сера; S Самородные	Гипергенное, гидротермальное	Пр-во серной кислоты, красок, резины, минеральных удобрений, спичек
---------	--------	------------------------	---------------	-------------------------	---	--	-----------------------	------------------------------	---

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2,5	Стеклянный, жирный	Бесцветный, белый, серый, синий, розовый	Белая	Весьма совершенная. Ступенчатый	Кубические, октаэдрические кристаллы, друзы, корки, сплошные массы	2,2 г/см ³ Соленый, легко растворяется в воде	Галит (каменная соль); NaCl Галоиды	Гипергенное, гидротермальное	Пищевая, кожевенная, химическая промышленность, пр-во натрия
2	Стеклянный, жирный	Бесцветный, голубой, красный, желтый	Белая	Весьма совершенная. Ступенчатый.	Кубические кристаллы, зернистые плотные массы	2,0 г/см ³ Горючо-соленый, легко растворяется в воде	Сильвин (калийная соль); KCl Галоиды	Гипергенное, гидротермальное	Пр-во калийных удобрений, калия
2	Перламутровый, шелковистый, стеклянный	Бесцветный, белый, розовый, серый	Белая	Весьма совершенная.	Кристаллы таблитчатые, пластинчатые, волокнистые (селенит); двойники, розы; зернистые массы (алебастр)	2,3 г/см ³ Хрупкий	Гипс (легкий шпат); CaSO ₄ *2H ₂ O Сульфаты	Гипергенное, гидротермальное	Строительство, скульптура, медицина, гипсование почв
2 – 2,5	Алмазный	Малиновый	Алая	Совершенная.	Тригональные и кубические кристаллы, зернистые массы, корочки	8,2 г/см ³ Хрупкий	Киноварь; HgS Сульфиды	Гидротермальное	Руда на ртуть, пр-во красок
2,5 – 3	Металлический	Свинцово-серый	Серая	Совершенная.	Кубические кристаллы, двойники, зернистые массы, вкрапления	7,4 – 7,6 г/см ³ Хрупкий	Галенит (свинцовый блеск); PbS Сульфиды	Гидротермальное	Руда на свинец, пр-во красок

3 – 4	Металлический	Латунно-желтый	Зелено-черная	Отсутствует. Неровный	Зернистые массы, вкрапления; тетраэдрические кристаллы	4,3 г/см ³ Побежалость синяя или розово-фиолетовая	Халькопирит (медный колчедан); CuFeS ₂ Сульфиды	Гидротермальное	Главная руда на медь
3,5 – 4	Алмазный	Бурый, черный, красный, бесцветный, желтый	Буро-желтая	Совершенная.	Кристаллы тетраэдрические и кубические; двойники; зернистые массы, вкрапления	3,9 – 4,1 г/см ³ Хрупкий	Сфалерит (цинковая обманка); ZnS Сульфиды	Гидротермальное	Главная руда на цинк, пр-во красок

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2 — 3	Яркий перламутровый, стеклянный	Черный, коричневый, бурый	Белая	Весьма совершенная	Агрегаты листоватые, кристаллы таблитчатые гексагональные	3,0 г/см ³ Гибкие упругие пластиинки; в толстых плитках непрозрачен	Биотит; $K(Mg,Fe)_3^*$ $[AlSi_3O_{10}]^*[OH, F]_2$ Силикаты (листовые)	Магматогенное, пегматитовое, метаморфогенное	Не имеет
2 — 3	Перламутровый, стеклянный	Бесцветный, желтый, бурый, фиолетовый	Белая	Весьма совершенная	Агрегаты листоватые, кристаллы таблитчатые гексагональные	2,7 – 3,0 г/см ³ Гибкие упругие прозрачные пластиинки	Мусковит; $KAl_2[AlSi_3O_{10}]^*[OH]_2$ Силикаты (листовые)	Магматогенное, пегматитовое, метаморфогенное	Пр-во электрических гидроизоляторов, огнеупоров, наполнителя для красок
1 — 3	Матовый	Бурый, оранжевый, ржаво-желтый	Желтая	Отсутствует	Плотные землистые массы, оолиты	2,9 – 3,5 г/см ³ Плотные землистые массы, оолиты	Боксит; (собирательное название минеральных агрегатов гидроокисей алюминия и железа: минералов гиббсит, бёмит и др.) $Al_2O_3 \cdot nH_2O$ Окислы	Гипергенное	Главная руда на алюминий
3	Стеклянный	Бесцветный, белый, серый, голубой, желтый	Белая	Совершенная.	Призматические и ромбоэдрические кристаллы, натеки (травертины), скрытокристаллические массы	2,7 г/см ³ Бурно реагирует с HCl в куске; хрупкий; исландский шпат обладает двупреломлением	Кальцит (прозрачная разновидность – исландский шпат); $CaCO_3$ Карбонаты	Гипергенное, гидротермальное	Пр-во извести, оптических приборов
3 — 3, 5	Стеклянный	Серо-голубой, белый, розовый	Белая	Совершенная.	Зернистые массы, призматические кристаллы	2,8 – 3 г/см ³	Ангидрит (безводный гипс); $CaSO_4$ Сульфаты	Гипергенное	Пр-во цемента

3 — 3, 5	Стеклянный	Бесцвет- ный, бе- лый, серый, желтый, бурый	Белая	Совершен- ная.	Кристаллы таблитча- тые, призматические, столбчатые; зерни- стые массы	4,3 – 4,7 г/см ³ Хрупкий, ино- гда флюоресци- рует	Барит; BaSO_4 Сульфаты	Гидротермаль- ное, гиперген- ное	Главная руда бария; наполни- тель в резино- вой и бумажной пром-ти
-------------------	------------	---	-------	-------------------	---	--	--	--	--

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
3,5 — 4,5	Стеклянный	Желто-серый, серый, бурый	Белая	Совершенная.	Плотные кристаллически-зернистые массы, желваки	3,7 – 3,9 г/см ³ Вскипает в нагретой HCl, на месте реакции желтеет	Сидерит (железный шпат); FeCO ₃ Карбонаты	Гипергенное, гидротермальное	Руда на железо
3,5 — 4	Стеклянный (тонко-кристаллические агрегаты матовые)	Белый, серый, желтый, розовый, бурый	Белая	Совершенная (различима под микроскопом).	Землистые массы, мелкокристаллические агрегаты, ромбоздрические кристаллы	2,8 – 3,2 г/см ³ Реагирует с HCl в порошке	Доломит (горький шпат); CaMg(CO ₃) ₂ Карбонаты	Гипергенное, гидротермальное	Известкование почв, пр-во цемента, огнеупоров
3,5 — 4,5	Стеклянный; матовый	Белый, серый, желтый	Белая	Совершенная. Неровный, раковистый	Ромбоздрические кристаллы, землистые массы	2,7 г/см ³ Реагирует с нагретой HCl	Магнезит; MgCO ₃ Карбонаты	Гипергенное, гидротермальное	Пр-во цемента, огнеупоров
4	Стеклянный	Бесцветный, желтый, фильтровый, зеленый, розовый	Белая	Совершенная.	Кубические или октаэдрические кристаллы; зернистые агрегаты	3,0 – 3,2 г/см ³ Флюоресцирует, крупный	Флюорит (плавиковый шпат); CaF ₂ Галогениды	Гидротермальное, гипергенное	Оптика, пр-во плавиковой кислоты
1 5	Матовый	Ржаво-бурый, серо-черный	Бурая	Отсутствует. Землистый	Оолиты, землистые массы, натеки	3,6 – 4,0 г/см ³	Лимонит (бурый железняк) – сорбатальное название минеральных агрегатов гидроокисей железа Fe ₂ O ₃ *nH ₂ O Окислы	Гипергенное	Железная руда, пр-во красок

5	Жирный; на гранях стеклянный,	Бесцветный, белый, зеленый, голубой, желтый, бурый, фиолетовый	Белая	Отсутствует. Раковистый	Шестигранные призматические, коротко-столбчатые или таблитчатые кристаллы, сахаровидные массы	3,1 – 3,2 г/см ³ Хрупкий	Апатит; $3\text{Ca}_5[\text{PO}_4]_2*$ $\text{Ca}(\text{F}, \text{Cl}, \text{OH})_2$ Фосфаты	Магматогенное, пегматитовое, гидротермальное	Пр-во фосфорных удобрений, фосфора
---	-------------------------------	--	-------	-------------------------	---	--	--	--	------------------------------------

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
6,5	Металлический	Латунно-желтый	Зеленовато-черная	Отсутствует. Неровный	Кубические или ромбоэдрические кристаллы; плотные зернистые агрегаты; конкреции	4,9 – 5,2 г/см ³ Штриховка на гранях; единственный из сульфидов царапает стекло; при ударе запах сернистого газа	Пирит (серный или железный колчедан); FeS ₂ Сульфиды	Магматогенное, гидротермальное, гипергенное, метаморфогенное	Главное сырье для пр-ва серной кислоты; руда на железо
5,5 – 6,5	Металлический	Черный	Черная	Отсутствует. Зернистый	Октаэдрические кристаллы; агрегаты зернистые, шестоватые	4,9 – 5,2 г/см ³ Магнитен, хрупкий	Магнетит (магнитный железняк); Fe ₂ O ₃ * FeO Окислы	Магматогенное, метаморфогенное, гидротермальное	Богатейшая железная руда
5,5 – 6,5	Металлический, матовый	Красно-бурый, стально-серый, черный, кровавый	Вишнево-бурая, красная	Отсутствует. Зернистый	Кристаллы пластинчатые, таблитчатые; розы; агрегаты оолитовые, сплошные, грозьевидные; скрытокристаллические массы	4,9 – 5,3 г/см ³	Гематит (красный железняк), разновидность – кровавик; Fe ₂ O ₃ Окислы	Метаморфогенное, гидротермальное, гипергенное	Богатая железная руда, пр-во красок, поделочный камень
5 – 6	Стеклянный	Зеленый, бурый, черный	Белая, зеленовато-серая	Средняя. Неровный	Сплошные зернистые массы, короткостолбчатые и таблитчатые (восьмиугольные) кристаллы	3,2 – 3,6 г/см ³	Агбит (пироксен); (Ca, Na) * (Mg, Fe ²⁺ , Fe ³⁺ , Al, Li) * [(SiAl) ₂ O ₈] Силикаты (цепочные);	Магматогенное	

5,5	Стеклянный; на бортах шелковистый	Светло-зеленый, зелено-черный	Серо-зеленая	Совершенная, Занозистый	Призматические шестигранные кристаллы, шестоватые агрегаты, зернистые массы	3,0 – 3,4 г/см ³ Продольная штриховка на гранях	Роговая обманка; (Ca, Na) ₂ * (Mg, Fe, Al) ₅ * (OH) ₂ [(Si, Al) ₄ *O ₁₁] ₂ Силикаты (ленточные)	Магматогенное, метаморфогенное	
-----	-----------------------------------	-------------------------------	--------------	-------------------------	---	---	---	--------------------------------	--

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
5, 5 — 6	Жирный; на гранях стеклянный	Бесцветный, желто- серый, крас- ный, зеле- ный	Отсутствует	Отсутствует. Неровный	Включения мелких призматических или неправильных кри- сталлов; сплошные кристаллические массы	2,6 г/см ³ Непрозрачен	Нефелин; $\text{KNa}_3[\text{AlSi}_3\text{O}_8]$ Силикаты (каркасные);	Магматоген- ное, пегмати- товое	Пр-во стекла, керамики, алюминия, со- ды, поташа, селикагеля
6	Стеклян- ный	Белый, жел- то-серый, розовый, красный	Отсутствует	Совершен- ная. Неровный	Призматические кри- сталлы	2,6 г/см ³ Угол между плоскостями спайности 90°	Ортоклаз; $\text{K}[\text{AlSi}_3\text{O}_8]$ Калиевый по- левой шпат Силикаты (каркасные)	Магматоген- ное, пегмати- товое	Пр-во стекла, керамики
6 — 6, 5	Стеклян- ный	Белый, се- рый, зелено- ватый, зеле- ный	Отсутствует	Совершен- ная. Неровный	Таблитчатые кристал- лы	2,6 – 2,8 г/см ³ Угол между плоскостями спайности 86°	Плагиоклазы —шесть каль- ций- натриевых полевых шпа- тов (альбит, олигоклаз, андезин, лаб- радор, би- товинит, аортит), Силикаты (каркасные)	Магматоген- ное, пегмати- товое	Пр-во керами- ки, облицо- вочных кам- ней

6	Стеклян- ный	Серый, серо- зеленый, бе- лый	Отсутству- ет	Совершен- ная. Неровный	Таблитчатые кристаллы	2,7 г/см ³ Иризирует синим, фио- летовым и зеленым цветом	Лабрадор; изоморфная смесь альби- та (50-70 %) и аортита (30-50 %). Силикаты (каркасные)	Магматоген- ное, пегматито- вое	Облицовоч- ный камень
6, 5 — 7	Стеклян- ный	Желто- зеленый, оливковый, бурый	Желтоватая	Средняя. Неровный, раковистый	Короткопризматиче- ские ромбические кри- сталлы, зернистые аг- регаты	3,2 – 4,4 г/см ³ Прозрач- ный; хруп- кий	Оливин (пе- риодот, про- зрачная раз- новидность хризолит); $(Mg, Fe)_2$ $[SiO_4]$ Силикаты (островные)	Магматогенное	Пр-во огне- упоров; хри- золит – драго- ценный ка- мень

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
7	Жирный; на гранях – стеклянный	Бесцветный, белый, дым- чатый и др.	Отсутству- ет	Отсутствует. Раковистый	Удлиненные призма- тические кристаллы, агрегаты и сплошные массы, двойники, дру- зы	2,65 г/см ³ Пьезоэлек- трик; попе- речная штри- ховка на гра- нях	Кварц; SiO_2 Оксиды	Магматогенное, пегматитовое, пневматолито- вое, гидротер- мальное, гипер- генное	Пр-во стекла, керамики; при- боростроение; поделочный ка- мень

6, 5 — 7	Восковый	Серый, голубой, сургучный и проч., разноцветный (полосчатый и пятнистый)	Отсутствует	Отсутствует. Раковистый	Скрытокристаллические микроволокнистые желваки, конкреции, прослои, сплошные массы	2,6 г/см ³	Халцедон; (полосчатый и пятнистый – агат) SiO ₂ Окислы	Гипергенное, гидротермальное	Приборостроение, поделочный камень (сердолик, хризопраз, гелиотроп, сардер, моховик, сапфирин и др.); абразив; пр-во эмалей, глазурей
8	Стеклянный	Бесцветный, голубой, винно-желтый, розовый и др.	Отсутствует	Совершенная. Неровный	Призматические столбчатые кристаллы, друзы, зернистые агрегаты	3,4 – 3,6 г/см ³ Продольная штриховка на гранях	Топаз; Al ₂ [SiO ₄](F, OH) ₂ Силикаты (островные)	Пегматитовое, метаморфогенное, гидротермальное	Приборостроение, ювелирный камень; абразив
9	Стеклянный, алмазный	Бесцветный, желтый, красный, фиолетовый, зеленый, синий	Отсутствует	Отсутствует. Неровный	Бочонковидные и таблитчатые кристаллы, сплошные мелкозернистые массы (наждак)	3,9 – 4,0 г/см ³ Второй по твердости после алмаза	Корунд; Al ₂ O ₃ Окислы	Метаморфогенное, магматогенное	Абразив, ювелирный камень (рубин, сапфир), приборостроение
10	Алмазный	Бесцветный, другой	Отсутствует	Совершенная. Неровный	Призматические кристаллы; скрытокристаллические агрегаты (борт, карбонадо)	3,5 г/см ³ Самый твердый из минералов (в 180 раз тверже корунда); хрупкий	Алмаз; С Самородные	Магматогенное, метаморфогенное	Абразив, ювелирный камень, приборостроение

Таблица 2

Диагностические признаки магматических горных пород

а) Магматические интрузивные

Цветное число; окраска	Хими-ческий состав	Структура	Текстура	Главные пордообразующие минералы; (и аксессоры)	Название. Разновидности.	Формы залегания. Отдельности	Эффузивные аналоги
Менее 10; серый, розовый, красный	Кислый	Полнокристаллическая; от мелко- до гигантокристаллической; равномернокристаллическая или порфировидная	Массивная или пятнистая	Кварц – до 50%, ортоклаз, мусковит; (биотит, роговая обманка)	Гранит*	Батолиты, штоки, реже лополиты, дайки. Матрацевидные	Липарит, кварцевый порфир, обсидиан
Менее 30; серый, желтовато-серый	Кислый	Полнокристаллическая; от мелко- до гигантокристаллической; равномернокристаллическая или порфировидная	Массивная или пятнистая	Кварц (до 20%), плагиоклазы, ортоклаз, мусковит; биотит, роговая обманка	Гранодиорит (кварцевый диорит)**	Батолиты, штоки, реже лополиты, дайки. Матрацевидные	Липарит, кварцевый порфир, обсидиан
Менее 5; серый, розовый, красный	Кислый	Полнокристаллическая; от средне- до гигантокристаллической	Пегматитовая	Кварц (до 50%), ортоклаз; (мусковит, биотит, минералы с летучими компонентами)	Пегматит гранитный (письменный гранит, еврейский камень)	Жилы	Липарит, кварцевый порфир, обсидиан
Менее 30; желто-серый, красновато-бурый	Средний	Полнокристаллическая; от мелко- до крупнокристаллической; равномернокристаллическая	Массивная	Ортоклаз, плагиоклазы, мусковит; биотит, роговая обманка	Сиенит	Штоки, дайки. Параллелепипедальная	Трахит, обсидиан
Менее 30; серый, красновато-бурый	Средний	Полнокристаллическая, от мелко- до крупнокристаллической; равномернокристаллическая	Массивная, пятнистая	Нефелин; ортоклаз, плагиоклазы, мусковит; биотит, роговая обманка	Сиенит нефелиновый	Штоки, дайки	Крайне редки: фонолиты, фонолитовые порфиры

Цветное число; окраска	Хими- ческий состав	Структура	Текстура	Главные породообра- зующие минералы; (и акцессоры)	Название. Разновидности.	Формы залегания. Отдельности	Эффузивные аналоги
Менее 30; желто-серый, красно- бурый	Средний	Полнокристаллическая; от средне- до гигантокри- сталлической	Пегмати- товая	Ортоклаз, плагиокла- зы, мусковит, биотит, роговая обманка	Пегматит си- енитный	Жилы	Трахиты, об- сидианы
Менее 50; серый, зеле- но-серый	Средний	Полнокристаллическая; средне- и крупнокристал- лическая; равномернокри- сталлическая	Массив- ная	Плагиоклазы, амфи- болы; (ортоклаз, био- тий, авгит, оливин)	Диорит	Штоки, лакколиты, жилы	Анdezиты, андезитовые порфириты, обсидианы
50 – 90; темно-серый, серо-зеленый	Основ- ной	Полнокристаллическая; средне- и крупнокристал- лическая; равномернокри- сталлическая	Массив- ная	Непостоянный; пла- гиоклазы, амфиболы, пироксены, оливин	Габбро <i>(лабрадори- тное, пи- роксеновое и проч.)</i>	Лакколиты, пласто- вые интрузии. Пластовая, глыбо- вая, параллелепи- педальная	Базальты, диабазы; об- сидианы
90 – 100; черный, чер- но-зеленый	Ультра- основ- ной	Полнокристаллическая; средне- и крупнокристал- лическая; равномернокри- сталлическая	Массив- ная	Пироксены	Пироксенит	Батолиты, штоки	Крайне ред- ки: пикрты, кимберлиты
90 – 100; черный, чер- но-зеленый; поверхность оливковая	Ультра- основ- ной	Полнокристаллическая; мелко- и среднекристал- лическая; равномернокри- сталлическая	Массив- ная	Оливин (при вывет- ривании переходит в серпентин)	Дунит	Батолиты, штоки	Крайне ред- ки: пикрты, кимберлиты
90 – 100; черный, чер- но-зеленый	Ультра- основ- ной	Полнокристаллическая; мелко- и среднекристал- лическая; равномернокри- сталлическая	Массив- ная	Оливин, пироксены	Перидотит	Батолиты, штоки	Крайне ред- ки: пикрты, кимберлиты

* Мелкоокристаллический гранит без темных минералов – **аплит**; порфировидный – **гранит-рапакиви**; содержащий темный минерал – по его названию (**чарнокит** – с пироксеном; **биотитовый**; **роговообманковый** и проч.)

** Если доля плагиоклазов в гранодиорите более 90 % – **плагиогранит**; если ортоклазов до 30 % – **гранодиорит**; если ортоклазов до 60 % – **адамеллит**.

6) Магматические эффузивные

1	2	3	4	5	6	7	8
Менее 10; тепло-серый светлый	Кислый	Порфировая	Ноздреватая, флюидальная	Идиоморфные блестящие кристаллы кварца (молочного цвета) и полевых шпатов	Липарит (риолит)	Купола, потоки, дайки	Граниты, пегматиты гранитные, гранодиориты
Менее 10; кирпичный, бурый, тепло-серый светлый	Кислый	Порфировая	Массивная, ноздреватая, флюидальная	Ксеноморфные кристаллы прозрачного кварца, ортоклаза	Кварцевый порфир (риолито-вый порфир)	Купола, потоки, дайки	Граниты, пегматиты гранитные, гранодиориты
Менее 30; светлый зеленовато-серый, желто-серый, белый	Средний	Порфировая	Ноздреватая (диаметр пор 1 мм и менее)	Идиоморфные блестящие кристаллы роговой обманки, полевых шпатов, слюд	Трахит	Купола, потоки	Сиениты, пегматиты сиенитные
Менее 30; зелено-серый темный	Средний	Порфировая	Ноздреватая (диаметр пор 10 мм и более); миндалекаменная,	Идиоморфные блестящие кристаллы плагиоклазов и роговой обманки	Андезит	Покровы, потоки, купола	Диориты
Менее 30; зелено-серый темный	Средний	Порфировая	Ноздреватая	Ксеноморфные тусклые кристаллы светлых плагиоклазов	Андезито-вый порфирит	Покровы, потоки, купола	Диориты
Более 50; темно-серый, черный, ржаво-бурый	Основной	Стекловатая, порфировая	Ноздреватая	Непостоянный. Идиоморфные блестящие кристаллы пироксенов, плагиоклазов, роговой обманки	Базальт	Покровы, потоки Столбчатая; матрацевидная	Габбро
Более 50; серо-зеленый темный	Основной	Стекловатая, порфировая	Ноздреватая	Непостоянный. Тусклые кристаллы пироксенов, плагиоклазов, роговой обманки	Диабаз	Покровы	Габбро

Серый, кирпичный, черный и др.	Непостоянный	Стекловатая	Массивная	Непостоянный. Блеск стеклянный, смоляной; излом раковистый острый, полупрозрачный	<i>Обсидиан</i> (если блеск смоляной – пехштейн)	Купола, пото- ки	Инtrузивы кис- лого, среднего и основного со- става
--------------------------------	--------------	-------------	-----------	--	---	---------------------	--

Таблица 5

Диагностические признаки метаморфических пород

Цвет	Структура	Текстура	Минеральный состав (главные / второстепенные)	Название (разновидности)	Ступень метаморфизма. Метаморфическая фация	Исходные породы
Любой	Мелкокристаллическая	Тонкосланцеватая	Глинистые минералы, кварц, серицит, хлорит	Глинистые сланцы (или аргиллитовые сланцы)	Низшая. Цеолитовая	Аргиллиты, глины
Черный	Мелкокристаллическая	Тонкосланцеватая	Глинистые минералы, кварц, серицит, хлорит, графит	Аспидные сланцы	Низшая. Цеолитовая	Аргиллиты, глины
Серый, черный, вишневый, бурый	Мелкокристаллическая	Тонкосланцеватая, плойчатая	Глинистые минералы, кварц, серицит, хлорит	Филлиты	Нижняя. Зеленосланцевая	Глинистые сланцы, аспидные сланцы
Серо-зеленый, черно-зеленый	Мелкокристаллическая	Сланцеватая, чешуйчато-листоватая	Хлорит / тальк, слюды, кварц	Хлоритовые сланцы	Нижняя. Зеленосланцевая	Магматические породы основного состава
Серо-зеленый	Мелкокристаллическая	Сланцеватая, чешуйчато-листоватая	Тальк / слюды, хлорит, кварц	Тальковые сланцы	Нижняя. Зеленосланцевая	Магматические породы основного состава
Серо-зеленый, черно-зеленый	Мелко- или среднекристаллическая	Сланцеватая, полосчатая	Серпентин	Серпентиниты (или змеевики)	Нижняя. Зеленосланцевая	Магматические породы основного состава
Любой	Средне- или крупнокристаллическая	Сланцеватая, плойчатая	Слюды, хлорит, амфиболы/ кварц, плагиоклазы, гранаты, графит	Кристаллические сланцы (или слюдянные сланцы)	Средняя. Эпидот-амфиболитовая	Филлиты, глинистые сланцы

Цвет	Структура	Текстура	Минеральный состав (главные / второстепенные)	Название (разновидности)	Ступень метаморфизма. Метаморфическая фауна	Исходные породы
Белый; любо́й	Мелко-, средне-, крупнокристаллическая	Массивная, пятнистая, полосчатая, сланцеватая	Кальцит / доломит	Мраморы	Средняя. Эпидот-амфиболитовая	Известняки
Любо́й	Мелкокристаллическая	Массивная, пятнистая, полосчатая, сланцеватая	Кварц / гематит, магнетит	Кварциты (джессипилиты содержат железистые минералы)	Средняя. Эпидот-амфиболитовая	Песчаники, пески
Серо-зеленый, черно-зеленый	Средне- или крупнокристаллическая	Массивная, сланцеватая	Амфиболы	Амфиболиты (ортамфиболиты, параамфиболиты)	Средняя. Эпидот-амфиболитовая и амфиболитовая	Магматические породы основного и ультраосновного состава. Осадочные породы карбонатно-глинистого состава
Серый, розовый, красный	Крупно- или гигантокристаллическая	Полосчатая, очковая	Кварц, полевые шпаты, слюды / темные минералы	Гнейсы (ортогнейсы, патагнейсы)	Средняя. Амфиболитовая	Осадочные породы (глины, аргиллиты, песчаники); магматические породы кислого состава
Серый, розовый, бурый	Крупно- или гигантокристаллическая	Полосчатая, очковая	Полевые шпаты, пироксены, гранаты; кварц	Гранулиты	Высокая. Гранулитовая	Интрузивные породы кислого или среднего состава
Темно-серый, зелено-черный	Крупнокристаллическая	Массивная, сланцеватая	Пироксены, гранаты / оливин, кварц	Эклогиты	Высшая. Эклогитовая	Интрузивные породы основного состава