

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ГУМАНИТАРНО-ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Н.Н. Васильева

МИНЕРАЛОГИЯ И ПЕТРОГРАФИЯ

Учебно-практическое пособие

Челябинск
2017

УДК 549 (021)
ББК 26. 303 я 73
В 19

Васильева, Н.Н. Минералогия и петрография [Текст]: учебно-практическое пособие / Н.Н. Васильева. – Челябинск : Изд-во Юж.-Урал. гос. гуманитар.-пед. ун-та, 2017. – 233 с. (Прил. 26 с. фотографий).

ISBN 978-5-906908-29-2

Учебное пособие включает два раздела: «Минералогия» и «Петрография и литология». Каждый из них содержит краткое изложение основного материала, а также лабораторные работы с решением примеров и контролем знаний для закрепления теоретической и практической составляющей курса «Геология». Для этой цели в пособии разработан определитель минералов и горных пород. В пособии кратко рассматриваются вопросы генезиса минералов и горных пород, приведена наиболее полная характеристика физико-диагностических свойств минералов. В разделе «Петрография и литология» большое внимание отводится особенностям внутреннего строения горных пород всех генетических групп, т.е. структуре и текстуре. При характеристике месторождений полезных ископаемых особое внимание уделяется месторождениям на территории Челябинской области, Урала и России, содержатся краткие исторические факты открытия некоторых из них. В описательной части минералов и горных пород приводится характеристика 69 основных породообразующих и рудных минералов, также 64 горных пород различного генезиса.

Книга предназначена в качестве учебного пособия к лабораторным занятиям по курсу общей геологии для студентов различных специальностей высших учебных заведений, изучающих основы геологии в полном или кратком объеме.

Рецензенты: С.М. Похлебаев, д-р пед. наук, профессор
В.И. Пеккер, канд. тех. наук, доцент

ISBN 978-5-906908-29-2

© Васильева Н.Н., 2017
© Издательство Южно-Уральского государственного гуманитарно-педагогического университета, 2017

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	6
Раздел 1. МИНЕРАЛОГИЯ	7
Общие сведения о минералах	7
Основные положения геометрической кристаллографии	9
Основные свойства кристаллических веществ	12
Кристаллографические сингонии	15
Простые формы кристалла и комбинации	17
<i>Лабораторная работа 1</i>	
Нахождение элементов симметрии и определение класса симметрии на моделях кристаллов	23
Морфология минералов и их агрегатов	26
<i>Лабораторная работа 2</i>	
Морфологические формы минералов	29
Физико-диагностические свойства минералов	30
<i>Лабораторная работа 3</i>	
Физико-диагностические свойства минералов. Шкала Мооса	37
Геологические процессы минералообразования	40
Химический состав и формулы минералов	47
Классификация минералов	47
ОПРЕДЕЛЕНИЕ МИНЕРАЛОВ	58
Ключ к определителю минералов	58
Определитель минералов	60
ОПИСАНИЕ МИНЕРАЛОВ	67
Класс самородные элементы	67
Класс галоидные соединения (галоиды)	77
Класс карбонаты	79
Класс фосфаты	83
Класс сульфаты	84
Класс окислы и гидроокислы	85
Класс сульфиды	90
Класс силикаты	94

<i>Лабораторная работа 4</i>	
Определение минералов класса самородные элементы и галоиды	101
<i>Лабораторная работа 5</i>	
Определение минералов класса карбонаты, сульфаты и фосфаты	103
<i>Лабораторная работа 6</i>	
Определение минералов класса окислы и гидроокислы	104
<i>Лабораторная работа 7</i>	
Определение минералов класса сульфиды	105
<i>Лабораторная работа 8</i>	
Определение минералов класса силикаты	107
Раздел 2. ПЕТРОГРАФИЯ И ЛИТОЛОГИЯ	110
Общие сведения о горных породах	110
Классификация горных пород	113
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГОРНЫХ ПОРОД	115
Ключ к определителю горных пород	115
Определитель горных пород	116
МАГМАТИЧЕСКИЕ ГОРНЫЕ ПОРОДЫ	123
Химическая классификация горных пород	124
Особенности внутреннего строения магматических горных пород: структура и текстура	125
ОПИСАНИЕ МАГМАТИЧЕСКИХ ГОРНЫХ ПОРОД	129
Группа ультраосновных горных пород	129
Группа основных горных пород	132
Группа средних горных пород	134
Группа кислых горных пород	137
Щелочные горные породы	140
Жильные горные породы	141
<i>Лабораторная работа 9</i>	
Определение магматических горных пород	143
ОСАДОЧНЫЕ ГОРНЫЕ ПОРОДЫ	147
Классификация осадочных горных пород	147
Особенности внутреннего строения осадочных горных пород: структура и текстура	150

ОПИСАНИЕ ОСАДОЧНЫХ ГОРНЫХ ПОРОД	152
Обломочные (кластические) горные породы	152
Коллоидно-осадочные горные породы	156
Биохимические горные породы	160
Органогенные горные породы	163
<i>Лабораторная работа 10</i>	
Определение осадочных горных пород.	175
МЕТАМОРФИЧЕСКИЕ ГОРНЫЕ ПОРОДЫ	184
Особенности внутреннего строения метаморфических горных пород: структура и текстура	189
ОПИСАНИЕ МЕТАМОРФИЧЕСКИХ ГОРНЫХ ПОРОД	190
<i>Лабораторная работа 11</i>	
Определение метаморфических горных пород	197
УКАЗАТЕЛЬ МИНЕРАЛОВ	200
УКАЗАТЕЛЬ ГОРНЫХ ПОРОД	201
ОТВЕТЫ НА КРОССВОРДЫ	202
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	203
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	204

ВВЕДЕНИЕ

Курс геологии является одним из основополагающих в естественно-научном образовании. Знания, полученные из курса геологии о структуре земной коры, об истории образования современных континентов, эволюции географической оболочки и её основных компонентов, наряду с курсом общего землеведения закладывают основы для изучения физической географии России и материков. В обеспечении своих материальных нужд люди всегда зависели от ресурсов планеты. Сведения о свойствах минералов и горных пород, об их генезисе и закономерностях пространственного размещения – необходимая основа для изучения экономической географии России и зарубежных стран, природопользования и ресурсоведения. Тесно связана с геологией и такая наука, как почвоведение, т.к. образование почв во многом зависит от геологического строения и состава пород, на которых формируются почвы.

При изучении курса «Геология» большое значение имеют лабораторно-практические занятия по минералогии и петрографии, целью которых является конкретизированное освоение лекционного материала дисциплины, формирование умений и выработка навыков, обеспечивающих формирование специальных и профессиональных компетенций. Диагностика объектов неживой природы – минералов и горных пород, вследствие большой изменчивости их внешнего облика, является более сложной, чем определение биологических объектов. Поэтому в начале практических работ дается краткое изложение теоретического материала минералогической и петрографической составляющей. В пособии приводится наиболее полное описание физико-диагностических свойств минералов. Большое внимание уделяется процессам минералообразования. При составлении практикума автор использовал многолетний опыт чтения лекционного курса по общей геологии, проведения лабораторных работ и полевых практик.

РАЗДЕЛ 1. МИНЕРАЛОГИЯ

Общие сведения о минералах

Минералы – это природные химические соединения или самородные элементы, возникшие в результате разнообразных физико-химических процессов, происходящих в земной коре и на ее поверхности [38; 54]. Термин «минерал» происходит от позднелатинского слова *minera* – руда [20].

С химической точки зрения, минерал – это более или менее однородное тело, отвечающее определенному составу. Физически каждый минерал также характеризуется определенными, присущими только ему качествами: твердостью, блеском, удельным весом и др.

В природе многие минералы представлены несколькими разновидностями. В разных месторождениях один и тот же минерал часто выглядит неодинаково.

Названия минералам даются по характерным физическим свойствам (азурит, барит, гроссуляр), по химическому составу (галенит, титанит, халькозин) или по месту, где они были впервые обнаружены (везувиан, ильменит, чароит). Многие минералы названы в честь ученых, открывших или описавших их (биотит, вивианит, шеелит).

Твердые минералы в большинстве случаев являются *кристаллическими* веществами, имеющими более или менее выраженную форму многогранников, либо встречаются в виде неправильных по форме зерен или сплошных масс, также сложенных кристаллическим веществом [17]. Кроме *явнокристаллических* веществ в земной коре широкое распространение получили *скрытокристаллические*, к числу которых относятся *коллоиды*. К коллоидам относятся разнородные дисперсные системы, состоящие из дисперсной среды и дисперсной фазы [38]. *Коллоид* – это вещество, состоящее из мелких частиц, рассеянных в среде другого вещества [38]. Среди коллоидов различают *золи*, взвесь твердых частиц в жидкости, т.е. в которых дисперсная среда

преобладает над дисперсной фазой, и *гели*, в которых дисперсная фаза преобладает над дисперсной средой [38]. Гели – структурированные системы, состоящие из высокомолекулярных и низкомолекулярных веществ [38]. Наличие трехмерного полимерного каркаса (сетки) сообщает гелям механические свойства твердых тел: отсутствие текучести, способность сохранять форму, прочность и способность к деформации (пластичность и упругость) [38]. Примером золей служат железистые воды. Примером гелей является *лимонит* (гель гидроокислов железа), *опал* (гель кремнезема) и др. [38].

Перекристаллизованные гели с потерей воды (дегидратацией) и сокращением первоначального объема образуют *метаколлоиды* (бывшие коллоиды) [38]. *Перекристаллизация* – это переход от более тонкозернистой кристаллической или аморфной массы в более крупнозернистую (кристаллическую) разновидность без изменения минерального состава [33; 38]. При перекристаллизации кристалл освобождается от примесей, может изменить свою форму без изменения состава и строения за счет изменившихся условий кристаллизации [38]. Перекристаллизация приводит форму кристалла в равновесную для новых условий. В процессе перекристаллизации гелей возникают радиально-лучистые зернистые или волокнистые агрегаты [38].

Реже встречаются *аморфные* (греч. «*аморфос*» – бесформенный) минералы, характеризующиеся отсутствием кристаллического строения и образующие бесформенные массы [38]. Переход вещества из аморфного состояния в кристаллическое называется *раскристаллизацией* [38]. Раскристаллизация характерна для горных пород и часто сопровождается некоторым изменением их минерального и химического состава.

Современные рентгеновские исследования показали, что твердые коллоиды представляют собой не аморфные, как считали ранее, а скрытокристаллические вещества [38].

В минералогии коллоидные минералы называют *минералоидами* [12].

Минералы, образующие основную массу горных пород, называются *породообразующими*. Минералы, входящие в состав горной породы в виде необязательных составных частей, называются *акцессорными* [38; 54]. Например, минеральный состав гранита, как магматической горной породы: полевые шпаты – 60–65 %, кварц – 25–30 % и темноцветные минералы – 5–10% (биотит, реже – роговая обманка) [35]. В данном случае полевой шпат, кварц, биотит или роговая обманка являются породообразующими для

гранита. Иногда в составе гранита могут присутствовать гранат, пирит. Гранат и пирит не являются обязательными для гранита как горной породы и выступают в роли второстепенных (акцессорных). Акцессорные минералы, несмотря на их малую количественную роль в составе горной породы, являются важной промышленной характеристикой и в некоторых случаях позволяют делать выводы о генезисе горной породы [38].

Наиболее простой и распространенный метод изучения минералов и горных пород в полевых условиях – это знакомство с ними по внешним признакам (визуально, т.е. «на глаз»). Такой метод получил название *макроскопического* в отличие от метода *микроскопического*, при котором образец изучается под микроскопом. Существуют другие специальные, более точные методы, применяемые в минералогии и петрографии, недоступные при экспедиционных исследованиях геолога в поле (химический, спектральный, кристаллографический, рентгенографический и др.) [33].

Основные положения геометрической кристаллографии

Кристаллография – наука о кристаллах. Она изучает форму, внутреннее строение, происхождение и свойства кристаллических веществ [33]. Кристаллическое строение минералов выражено в их геометрически правильной многогранной форме. В переводе с греческого «*кристаллос*» означает «*застывший на холоде*» [33]. Так греки называли лед и горный хрусталь, полагая, что горный хрусталь, как и лед, образовался при низкой температуре [33]. Впоследствии кристаллами стали называть все твердые тела, образующиеся в природных и в лабораторных условиях и имеющие многогранную форму [33]. Форма природных кристаллов характеризуется большим разнообразием и является важным диагностическим признаком при определении минералов. Например, правильные кубические кристаллы поваренной соли (галита), шестигранные призмы, увенчанные пирамидами, – кристаллы горного хрусталя (кварца), восьмигранники или октаэдры магнитного железа (магнетита) и двенадцатигранники граната [38].

Минералы, имеющие кристаллическое строение, характеризуются правильным, упорядоченным расположением составляющих их материальных частиц: атомов, ионов и молекул [33; 38; 54]. Форма кристаллов зависит от закономерного расположения в пространстве атомов, ионов, моле-

кул. Они расположены параллельными рядами, расстояния между материальными частицами в этих рядах одинаковы [33; 38; 54]. Такое упорядоченное расположение в пространстве атомов, ионов, молекул образует *структуру кристаллов, или их кристаллическую (пространственную) решетку* (рис. 1).

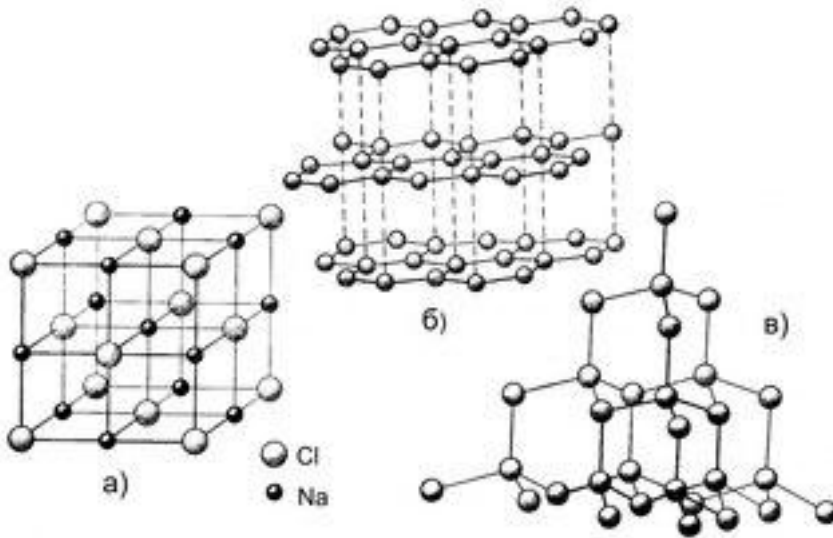


Рис. 1. Кристаллическая (пространственная) решетка каменной соли (А), графита (Б), алмаза (В) [33; 38; 54]

Различают три типа структур:

1. Атомные, когда в узлах решетки расположены атомы (алмаз, графит);
2. Ионные, когда в узлах решетки располагаются ионы (галит);
3. Молекулярные – в узлах решетки располагаются молекулы [2].

Кристаллическое вещество имеет строго закономерное внутреннее строение. Таким образом, *кристаллами* называются твердые тела в виде многогранников, в которых слагающие их частицы (атомы, ионы, молекулы) расположены закономерно [33; 38; 54].

Для формирования кристаллической структуры минералов большое значение имеют физико-химические и термодинамические условия. Структура вещества, т.е. расположение атомов в данном веществе, при сходных термодинамических условиях всегда одинакова. При различных условиях могут образовываться из одного и того же вещества различные формы кристал-

лов, например: кварц при высокой температуре кристаллизуется в гексагональной сингонии, низкотемпературный кварц кристаллизуется в тригональной сингонии [33; 38].

Поверхность кристаллов ограничена плоскостями, которые называются *гранями* (рис. 2). Места соединения граней называются *ребрами*, точки пересечения ребер называются *вершинами*. Углы между гранями называются *гранными углами*. *Грани, ребра и вершины* называются *элементами ограничения кристаллов* [15; 33; 38]. Грани кристаллов соответствуют плоским сеткам пространственной решетки, ребра – рядам и вершины углов – узлам пространственной решетки. Пространственная решетка имеет бесконечное множество плоских сеток, рядов и узлов. Реальным граням кристаллов могут соответствовать только те плоские сетки решетки, которые имеют наибольшую ретикулярную плотность, т.е. в которых на единицу площади будет приходиться наибольшее количество составляющих ее материальных частиц (атомов или ионов) [2; 15; 33; 38; 54].

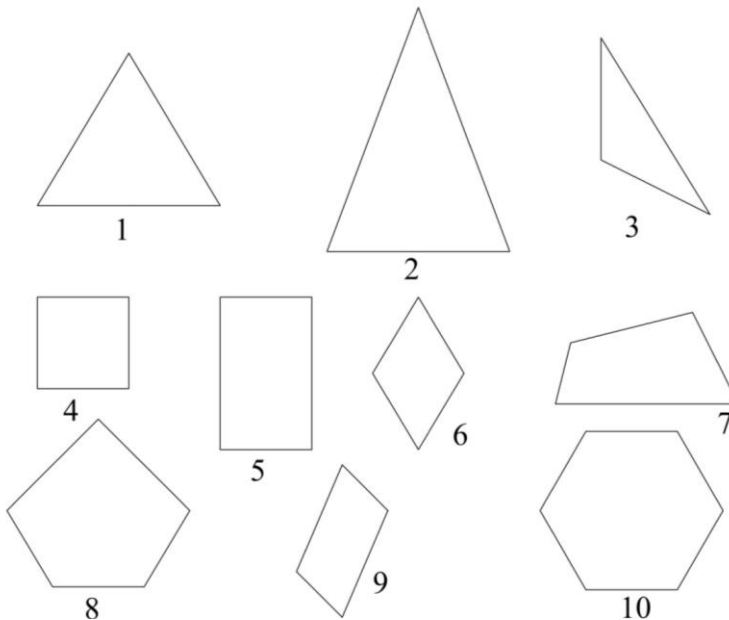


Рис. 2. Типы граней кристалла

1 – тригон, 2 – дельта, 3 – скалена, 4 – тетрагон, 5 – призматическая грань, 6 – ромб, 7 – трапециод, 8 – пентагон, 9 – ромбоид, 10 – гексагон

Так как таких плоских сеток образуется немного, отсюда и кристаллы имеют ограниченное число граней. В процессе роста грани перемещаются

параллельно самим себе. Не все грани растут с одинаковой скоростью. Те из них, которые растут быстрее, уменьшаются в размерах и могут исчезнуть, поэтому форма кристалла в процессе роста изменяется [33]. Иногда встречаются *зональные кристаллы*. Зональность их может быть обусловлена перерывами в кристаллизации или какими-либо примесями и окрашивающими веществами, которые присутствовали в определенные моменты кристаллизации [33; 38].

В природе хорошо ограненные кристаллы встречаются сравнительно редко. В большинстве случаев кристаллические вещества не имеют геометрически правильной многогранной формы, хотя и обладают закономерным внутренним кристаллическим строением.

Основные свойства кристаллических веществ

Все важнейшие свойства кристаллических веществ являются следствием их внутреннего закономерного строения.

1. *Анизотропность* («неравносвойственность»). Анизотропными называются такие тела, которые имеют одинаковые физические свойства в параллельных направлениях и неодинаковые свойства в непараллельных направлениях [12]. Анизотропность в отношении твердости хорошо отражает кристалл дистена (кианита): в продольном направлении твердость его равна 4,5 по шкале Мооса, в поперечном направлении она составляет 6–7 [35].

Кристаллическое вещество всегда анизотропно. Анизотропность объясняется различными электронными и атомными связями по разным кристаллографическим направлениям [33].

2. *Способность самоограняться*, или *свойство самоогранения*, т.е. способность образовывать кристаллы. При свободном росте кристаллы ограничиваются плоскими гранями и прямыми ребрами, принимая многогранную форму. Для каждого минерала характерна своя кристаллическая форма, зависящая от типа химических связей решетки, химического состава и условий его образования.

3. Одним из важнейших положений кристаллографии является *закон постоянства граничных углов* – для всех кристаллов одного и того же вещества при одинаковых условиях давления и температуры углы между соответствующими гранями кристаллов одинаковы и постоянны [12; 17].

Закон постоянства граничных углов вытекает из того, что грани кристалла по мере его роста перемещаются параллельно самим себе. При сохранении постоянства граничных углов величина и форма граней разных кристаллов одного и того же минерала могут значительно меняться, хотя внутренняя структура кристаллов при этом остается неизменной [17]. Это связано с тем, что в зависимости от физико-химической обстановки роста кристалла не все его грани развиваются одинаково. Поэтому внешняя форма кристаллов одного и того же минерала может довольно резко отличаться [17].

Закон позволяет определять минерал даже в мелких обломках кристаллов, если они в какой-то мере сохраняют естественные грани. Закон постоянства граничных углов позволяет для каждого естественного кристалла вывести его идеальную форму, которую он мог бы приобрести при наиболее благоприятной обстановке роста [17].

Закон постоянства граничных углов установлен в 1669 г. датским ученым Н. Стено (1638–1687 гг.) на кристаллах железного блеска и горного хрусталя, в 1763 г. закон был подтвержден М.В. Ломоносовым, а в 1772 г. французским ученым Роме де Лиллем (1736–1790 гг.).

4. *Симметрией* называется закономерная повторяемость в расположении предметов или их частей на плоскости или в пространстве [33]. Кристаллы характеризуются симметрией формы, которая выражается в правильном расположении элементов ограничения относительно точки – *центра симметрии*, линии – *оси симметрии* или плоскости – *плоскости симметрии*. Центр, оси и плоскости симметрии называются *элементами симметрии*. Число их зависит от внутреннего строения кристаллов и строго ограничено [2; 15].

Центр симметрии (С) – точка внутри фигуры, при проведении через которую любая прямая встретит на равном от нее расстоянии одинаковые и обратно расположенные части фигуры. Центр симметрии обозначается буквой С. Если каждая грань кристалла имеет себе равную, параллельную, хотя и обратно расположенную грань, то данный кристалл обладает центром симметрии. Центр симметрии у кристалла может быть только один, или его нет совсем [2; 15].

Плоскость симметрии (Р) – это воображаемая плоскость, которая делит фигуру на две равные части так, что одна из частей является зеркальным отражением другой. Плоскость симметрии обозначается буквой Р. В кри-

сталлах могут быть 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 и 9 плоскостей симметрии. Восьми и более девяти плоскостей симметрии в кристаллах быть не может. Многие кристаллы вообще не имеют ни одной плоскости симметрии. Например, в кубе выделяют девять плоскостей симметрии ($9P$) – три главных и шесть диагональных (рис. 3).

Ось симметрии (L) – воображаемая прямая, при повороте вокруг которой всегда на один и тот же угол происходит совмещение равных частей фигуры. Ось симметрии обозначается буквой L . При повороте на 360° совмещение граней в кристаллах возможно 2, 3, 4 или 6 раз (т.е. при каждом повороте на 180° , 120° , 90° и 60°). Число повторений при повороте на 360° носит название порядка оси и обозначается цифрой, которая ставится сверху буквы L справа (L^2 , L^3 и т.д.). Порядок оси показывает, сколько раз при повороте на 360° произойдет совмещение каждой из граней. В кристаллах возможны оси второго L^2 , третьего L^3 , четвертого L^4 и шестого L^6 порядков. Оси симметрии L^2 называются осями низшего порядка. Оси симметрии L^3 , L^4 , L^6 называются осями высшего порядка. Оси симметрии пятого и выше шестого порядка в силу закономерностей внутреннего строения кристаллов невозможны [2; 15].

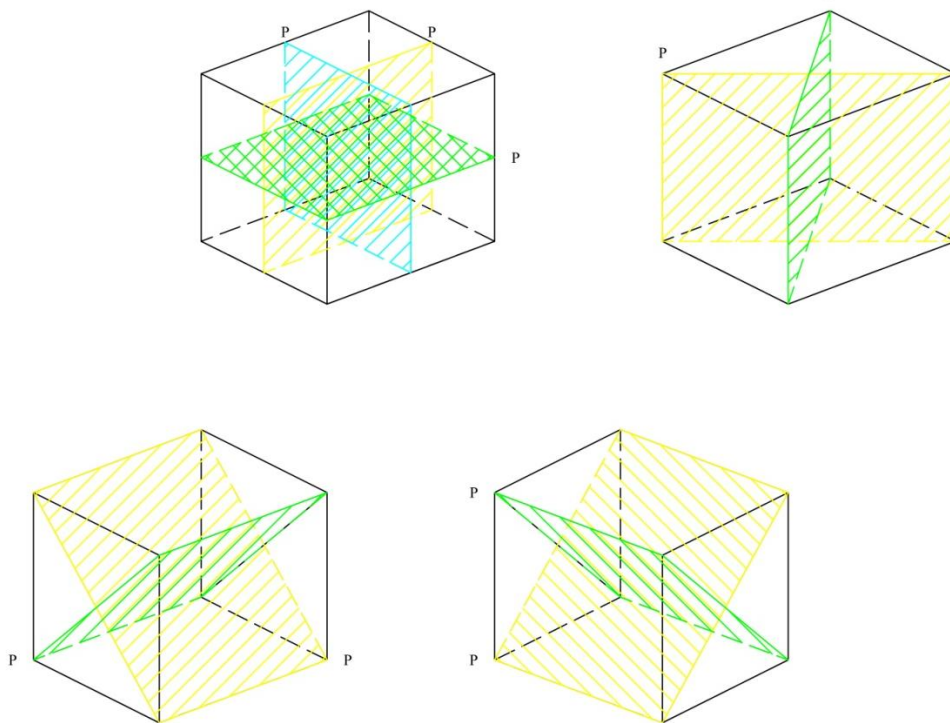


Рис. 3. Девять плоскостей симметрии в кубе: три главных, шесть диагональных

Во внешней симметрии кристаллов отражается правильность их внутреннего строения. Кристаллы часто кажутся несимметричными. Это зависит от условий их роста. Для того чтобы обнаружить симметрию кристалла, необходимо измерить его углы.

Кристаллографические сингонии

В настоящее время по степени симметрии кристаллы делят на кристаллографические *классы*, или *виды*, симметрии [2].

К одному классу относятся кристаллы с одинаковым набором элементов симметрии. Такое распределение по классам и системам значительно облегчает описание и изучение кристаллов, давая возможность по признакам симметрии заранее предсказать многие его свойства.

В кристаллах наблюдается строго определенная комбинация элементов симметрии. Русский ученый А.В. Гадолин в 1869 г. установил, что в кри-

сталлах возможны 32 комбинации элементов симметрии. Эти 32 комбинации называют *кристаллографическими классами*, или *видами симметрии*.

Все виды, или классы, симметрии группируются условно по степени сложности в семь крупных групп, или систем, называемых *сингониями* (от греч. «син» – сходный и «гония» – угол). Среди них выделяются разновидности низших, средних и высших сингоний (табл. 1).

Таблица 1

Классификация видов симметрии

Категория	Сингония (группа, система)	Класс (вид) симметрии	Формула симметрии	Характеристика
1	2	3	4	5
НИЗШАЯ	Триклинная	Моноэдрический	L^1	К триклинной сингонии относятся наименее симметричные кристаллы. Из возможных элементов симметрии наблюдается только центр симметрии (С) или эти элементы отсутствуют
		Пинакоидальный	С	

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5
	Моноклиная	Диэдрический безосный	Р	К моноклиной сингонии относятся кристаллы, которые имеют или одну плоскость симметрии (Р), или одну ось второго порядка (L^2), или и ту и другую вместе в сочетании с центром симметрии
		Диэдрический осевой	L^2	
		Призматический	L^2PC	
	Ромбическая	Ромбо-тетраэдрический	$3L^2$	К ромбической сингонии относятся кристаллы, имеющие одну или три оси второго порядка и две или три перпендикулярные им плоскости симметрии, а также кристаллы с тремя осями второ-
		Ромбо-пирамидальный	L^22P	
		Ромбо-дипирамидальный	$3L^23PC$	

				го порядка без плоскости симметрии. В поперечном сечении они имеют форму ромба
СРЕДНЯЯ	Тетрагональная	Тетрагонально-пирамидальный	L^4	Кристаллы средней категории одинаково развиты по двум (или трем) кристаллографическим осям, лежащим в одной плоскости. Вдоль третьей оси, расположенной перпендикулярно к двум (или трем) первым, кристаллы развиты больше или меньше. Поэтому кристаллы средней категории имеют столбчатый, шестоватый, игольчатый или таблитчатый, листоватый, пластинчатый облик. Кристаллы тетрагональной и тригональной сингонии имеют соответственно четырехугольное
		Тетрагонально-дипирамидальный	$L^4 4PC$	
		Дитетрагонально-пирамидальный	$L^4 4P$	
		Дитетрагонально-дипирамидальный	$L^4 4L^2 5PC$	
		Тетрагонально-трапецоэдрический	$L^4 4L^2$	
		Тетрагонально-тетраэдрический	L^4	
		Тетрагонально-скаленоэдрический	$L^3 3L^2 3PC$	
		Тетрагонально-пирамидальный	L^3	
	Тригональная	Дитригонально-пирамидальный	$L^3 3P$	
		Ромбо-эдрический	$L^3 C$	

Окончание таблицы 1

1	2	3	4	5
		Тригонально-трапецоэдрический	$L^3 3L^2$	и треугольное поперечное сечение. Кристаллы гексагональной сингонии обычно имеют шестиугольное поперечное сечение
		Дитригонально-скаленоэдрический	$L^3 3L^2 4PL^6 3L^2 3P$	
		Тригонально-дипирамидальный	$L^3 P$	
		Дитригонально-дипирамидальный	$L^3 3L^2 4P$	
	Гексагональная	Гексонально-пирамидальный	L^6	
		Гексонально-дипирамидальный	$L^6 PC$	
		Дигексонально-пирамидальный	$L^6 6P$	
		Дигексонально-дипирамидальный	$L^6 6L^2 7PC$	
		Гексагонально-	$L^6 6L^2$	

		трапецоэдрический		
ВЫСШАЯ	Кубическая	Тритетраэдрический	$3L^2 4L^3$	Кубическая сингония характеризуется высшим сочетанием элементов симметрии. Здесь объединяются наиболее симметричные изометричные кристаллы
		Дидодекаэдрический	$3L^2 4L^3 3PC$	
		Гексатетраэдрический	$3L^2 4L^3 6P$	
		Триоктаэдрический	$3L^4 4L^3 6L^2$	

Простые формы кристалла и комбинации

Формой кристалла называют совокупность всех его граней. Природные многогранники – кристаллы – могут быть представлены в виде простых форм или их комбинаций. Совокупность граней, которая может быть получена из исходной грани при действии всех элементов симметрии данного кристалла, называется *простой формой* [33]. *Простая форма* – это такая фигура в кристалле, все грани которой при равномерном развитии по размеру и форме одинаковы. Существует 47 простых форм. Каждая из них характеризуется количеством, формой и расположением граней. Для того чтобы различать на кристаллах простые формы, необходимо знать общее правило: *сколько на равномерно развитом кристалле разных граней, столько будет и простых форм* [33].

Для понимания названий простых форм следует знать некоторые греческие слова, от которых происходят эти названия: «эдра» – грань, «го-ния» – угол, «син» – сходный, «клинэ» – наклон, наклоняю, «пинакс» – доска, «поли» – много, «моно» – одно, один, «ди» – два, дважды, «три» – три, трижды, «тетра» – четыре, четырежды, «пента» – пять, «гекса» – шесть, «окта» – восемь, «дека» – десять, «додека» – двенадцать, «скалена» – кривой, неровный [2; 15; 20].

Моноэдр – простая форма, состоящая из одной грани. Пинакоид состоит из двух параллельных граней. Диэдр, как простая форма, представляет собой две равные пересекающиеся грани. Например, *скаленоэдр* является простой формой, состоящей из равных разносторонних треугольников. Скаленоэдры встречаются только в тригональной и тетрагональной сингониях (рис. 4).

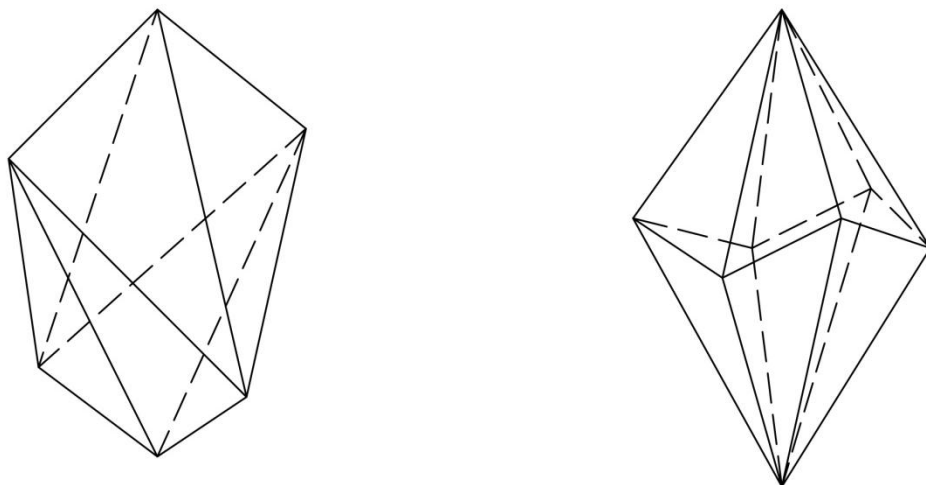


Рис. 4. Скаленоэдры:
а – тетрагональный, б – тригональный

Куб (гексаэдр) представляет собой шесть попарно параллельных квадратных граней. Если каждую грань заменить четырьмя треугольными гранями, то получится простая форма, которая называется *тетрагексаэдр* (рис. 5).

Простые формы могут замыкать и не замыкать пространство, в связи с чем они называются *открытыми* и *закрытыми*. Призма является открытой формой, так как она не замыкает пространство. Сложение двух пирамид основаниями даёт дипирамиды различного сечения (рис. 6). Дипирамида является закрытой формой, поскольку она полностью замыкает пространство, пусть даже на продолжении своих граней.

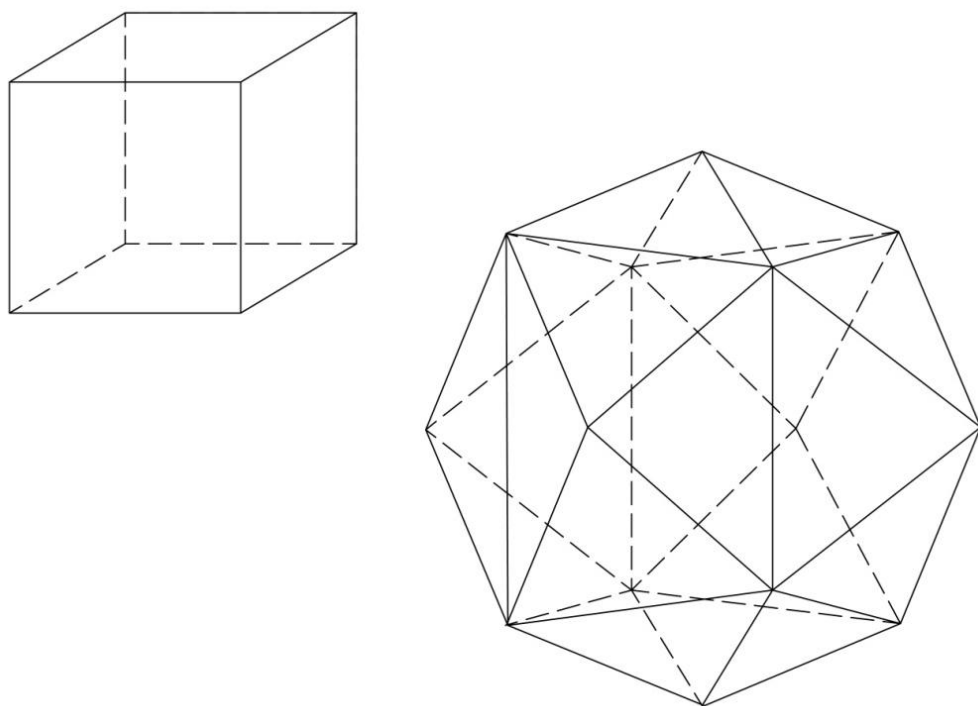


Рис. 5. Куб (а) и тетрагексаэдр (б)

В кристаллах могут присутствовать одна, две или несколько простых форм. Сочетание двух или нескольких простых форм называется *комбинацией* [2; 33].

Комбинироваться между собой могут только простые формы, относящиеся к одному виду симметрии, например, куб и октаэдр, гексагональная призма и двойная гексагональная пирамида и т.д. Простые формы в различных сочетаниях образуют самые разнообразные комбинации геометрических форм, которые характерны для природных кристаллов. Например, кристалл аметиста является комбинацией двух простых форм средней сингонии гексагональной призмы и гексагональной пирамиды (рис. 7).

Классификация и характеристика простых форм по сингониям приводится в таблице 2.

Классификация простых форм по сингониям

Категория	Сингония	Форма (название)			
		Открытая	Характеристика	Замкнутая	Характеристика
1	2	3	4	5	6
НИЗШАЯ	моноклиная	моноэдр	Простая форма, представленная одной гранью	–	–
		пинакоид	Две равные параллельные грани, которые иногда могут быть обратно расположенными	–	–
	триклинная	диэдр	Две равные пересекающиеся грани (могут пересекаться на своем продолжении)	–	–
	ромбическая	ромбическая призма	Четыре равных попарно параллельных грани, в сечении образуют ромб	ромбический тетраэдр	Четыре грани, замыкающие пространство и имеющие форму косугольных треугольников
		ромбическая пирамида	Четыре равные пересекающиеся (могут пересекаться на своем продолжении) грани, в сечении также образуют ромб	ромбическая дипирамида	Две ромбические пирамиды, сложенные основаниями. Форма имеет восемь равных граней, дающих в поперечном сечении ромб
	СРЕДНЯЯ	тетрагональная	тетрагональная призма	Сечения, перпендикулярные осям высшего порядка L^3 , L^4 , L^6 , имеют форму квадрата. Могут быть призмы с удвоенным числом граней	скаленоэдр
тетрагональная пирамида			В поперечном сечении дают квадрат или удвоенную указанную фигуру	тетрагональная (дигетрагональная) дипирамида	Две пирамиды, сложенные квадратными основаниями или удвоенные указанными формами

Продолжение таблицы 2

1	2	3	4	5	6
				трапецоэдр	Напоминает дипирамиду. Грани имеют вид четырехугольников, а боковые ребра не лежат в одной плоскости
	тригональная	тригональная призма	Сечения, перпендикулярные осям высшего порядка L^3 , L^4 , L^6 , имеют форму треугольника. Могут быть призмы с удвоенным числом граней	скаленоэдр	Простая форма, состоящая из равных разносторонних треугольников
		тригональная пирамида	В поперечном сечении дают треугольник или удвоенную указанную фигуру	тетрагональный тетраэдр	Представляет собой четыре равные грани в виде равнобедренных треугольников
				ромбоэдр	Состоит из шести граней в виде ромбов, напоминает вытянутый или сплюснутый по диагонали куб
				тригональная (дитригональная) дипирамида	Две пирамиды, сложенные треугольными основаниями или удвоенные указанными формами
				трапецоэдр	Напоминает дипирамиду. Грани имеют вид четырехугольников, а боковые ребра не лежат в одной плоскости
	гексагональная	гексагональная призма	Сечения, перпендикулярные осям высшего порядка L^3 , L^4 , L^6 , имеют форму шестиугольника. Могут быть призмы с удвоенным числом граней	ромбоэдр	Состоит из шести граней в виде ромбов, напоминает вытянутый или сплюснутый по диагонали куб
		гексагональная пирамида	В поперечном сечении дают шестиугольник или удвоенную указанную фигуру	гексагональная (дигексагональная) дипирамида	Две пирамиды, сложенные шестиугольными основаниями или удвоенные указанными формами
				трапецоэдр	Напоминает дипирамиду. Грани имеют вид четырехугольников, а боковые ребра не лежат в одной плоскости

Окончание таблицы 2

1	2	3	4	5	6
ВЫСШАЯ	кубическая	–	–	Куб (гексаэдр)	Шесть попарно параллельных квадратных граней, пересекающихся в ребрах. Если каждую грань куба заменить четырьмя треугольными гранями, то получится простая форма – тетрагексаэдр
				октаэдр	Восемь равносторонних попарно параллельных треугольников, пересекающихся в ребрах. Если каждую грань октаэдра заменить тремя гранями – получим тригонтриоктаэдр, тетрагонтриоктаэдр, пентагонтриоктаэдр, при замещении грани октаэдра шестью гранями получаем гексаоктаэдр, состоящий из 48 граней
				тетраэдр	Четыре равносторонних треугольника, пересекающихся в ребрах и замыкающих пространство. Если каждую грань тетраэдра заменить тремя гранями (тритетраэдр), то получим тригонтритетраэдр, тетрагонтритетраэдр, пентагонтритетраэдр, гексатетраэдр
				ромбододекаэдр	Состоит из 12 граней в виде ромба
				пентагондодэкаэдр	Состоит из 12 граней в виде неправильных пятиугольников
				дидодэкаэдр	Удвоенный додекаэдр, каждая грань которого заменена двумя гранями. Состоит из 24 граней

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 1
ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ ПО КРИСТАЛЛОГРАФИИ
Нахождение элементов симметрии и определение класса симметрии
на моделях кристаллов

Оборудование: модели кристаллов, природные кристаллы кварца, кальцита и других минералов, транспортир, линейка, самодельный гониометр, рабочая тетрадь.

Задание 1. Используя модели кристаллов, показать основные элементы ограничения кристаллов: *грани, ребра, вершины, гранные углы.*

Задание 2. Определить и зарисовать в тетради основные типы граней данных кристаллов.

Таблица 3

Типы граней кристаллов

№ п/п	Название грани	Вид (зарисовка)

Задание 3. На моделях кристаллов определить основные элементы симметрии: *центр симметрии, ось симметрии, плоскость симметрии.*

Задание 4. Определить, к какому виду симметрии, сингонии и категории сингоний относится каждый из кристаллов, модели которого рассматривались.

Задание 5. Установить название простой формы.

Задание 6. Результаты записать в тетрадь в форме таблицы.

Таблица 4

Характеристика класса симметрии

Образец	Тип грани	Вид симметрии	Сингония	Категория	Название

Задание 7. Измерить гранные углы кристаллов, имеющих в рабочей коллекции.

Ход работы: Для измерения у кристаллов гранных углов были изобретены специальные приборы - гониометры (от греч. «*гония*» - угол). На лабораторно-практическом занятии допустимо использовать самодельный гониометр [15]. Для изготовления самодельного гониометра в центре полукруга

транспортира необходимо прикрепить узкую подвижную линейку, которая должна свободно вращаться вокруг оси, перпендикулярной к плоскости транспортира. Точность измерений гониометром подобного типа составляет $0,5^\circ$ [15]. Кристаллы одного и того же минерала могут иметь разные размеры, но углы между гранями остаются постоянными. Для измерения гранного угла кристалл прикладывают к гониометру таким образом, чтобы одна его грань соприкасалась с плоским краем транспортира, а другая – со свободным концом линейки. Отсчет по противоположному концу линейки покажет величину гранного угла. Подобным образом необходимо измерить все гранные углы данного кристалла. Полученные результаты записать в тетрадь и, сопоставив между собой, сделать вывод.

Задание 8 (для самостоятельной работы) [20].

А. Изготовить модели кристаллов из твердой бумаги или картона.

Ход работы: Скопировать на твердую бумагу или картон развертки моделей кристаллов, представленных на рисунке 9. Вырезать ножницами по сплошному контуру развертки и согнуть по пунктирным линиям. Отдельные грани полученной фигуры скрепить между собой полосками бумаги, наклеив их на ребра модели.

Б. Выявить степень симметрии для изготовленных моделей кристаллов и установить класс симметрии, сингонию и категорию.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Дать определение понятия «кристалл».
2. Что представляет собой кристаллографическая (пространственная) решетка?
3. Приведите примеры, подтверждающие зависимость физических свойств минералов от особенностей строения кристаллической решетки.
4. Назовите важнейшие свойства кристаллических веществ.
5. Чем отличаются кристаллические вещества от аморфных?
6. Что означает способность кристаллических веществ самоограничаться?
7. Что называют гранью, ребром и вершиной кристалла?
8. Как влияют скорости роста граней на форму кристалла?
9. Что такое симметрия и в чем выражается симметрия кристаллов?
10. Назовите основные элементы симметрии.

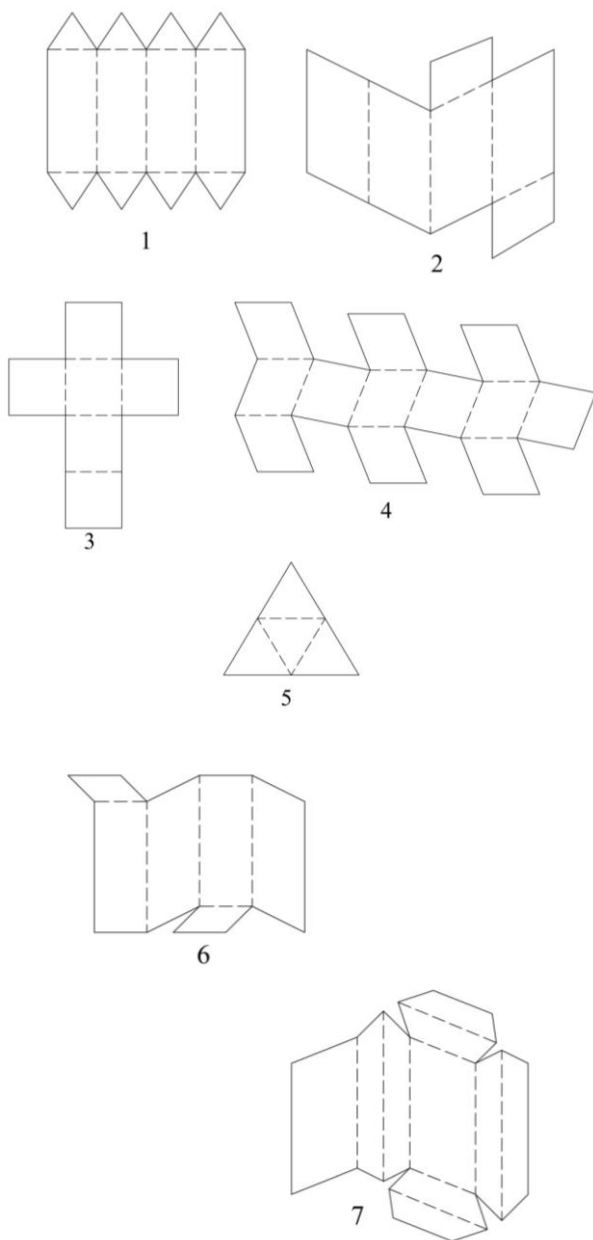


Рис. 9. Развертки моделей кристаллов:
 1 – комбинация квадратной призмы и бипирамиды, 2 – ромбическая призма,
 3 – куб, 4 – ромбический додекаэдр, 5 – тетраэдр,
 6, 7 – кристаллы моноклинной сингонии

11. Что такое порядок оси симметрии?
12. Сколько осей симметрии может иметь кристалл?
13. Как определить, имеется ли в кристалле центр симметрии?
14. Сколько центров симметрии может иметь кристалл?
15. Как могут располагаться плоскости симметрии в кристалле относительно элементов его ограничения?
16. Сколько плоскостей симметрии может иметь кристалл?
17. Сколько известно видов симметрии в кристаллах?
18. Что такое сингония?
19. Какие формы кристаллов называются простыми?
20. Назовите простые формы кубической сингонии.
21. Назовите комбинации кубической сингонии.
22. В чем заключается закон постоянства граничных углов?

Морфология минералов и их агрегатов

Морфология (форма) минералов зависит от закономерного расположения в пространстве составляющих минерал элементарных частиц – атомов, ионов и молекул [17]. Каждому минералу присуща своя кристаллическая форма, зависящая от типа химических связей решетки, химического состава и условий его образования. В природе хорошо ограненные кристаллы встречаются сравнительно редко и образуются преимущественно в полых трещинах и пустотах горных пород, где ничто не препятствует росту кристаллов. Мелкие кристаллы, имеющие ясную огранку, видны только под микроскопом, крупные могут достигать в длину более 1 м.

Форма природных кристаллов очень разнообразна. Всё разнообразие существующих форм кристаллов можно подразделить на три группы, обладающие характерным обликом, или *габитусом*:

1. *Изометричные формы* – имеющие близкие размеры во всех направлениях: кубы (галенит, пирит), тетраэдры (сфалерит), октаэдры (магнетит, пироклор), ромбододекаэдры (гранат) и др. (рис. 10)
2. *Вытянутые в одном направлении формы* – призматические, столбчатые, шестоватые, игольчатые, волокнистые, лучистые кристаллы (турмалин, берилл, пироксен, амфибол, рутил и др.) (рис. 11, 12, 13).
3. *Вытянутые в двух направлениях (уплощенные)* – таблитчатые, пластинча-

тые, листоватые, чешуйчатые (слюда, хлорит, молибденит, графит и др.) (рис. 14).

В природе кристаллы встречаются не только в виде одиночных кристаллов, но и в виде *сростков*. Сростки двух или нескольких кристаллов могут быть закономерными и не закономерными. К закономерным сросткам относятся *двойники*, т.е. такие сростки, в которых один кристалл является зеркальным отражением другого, или повернут относительно другого на 180° . Плоскость, по которой два кристалла срastaются друг с другом, называется *плоскостью срastания*. В *двойниках срastания* плоскость срastания четко отделяет один кристалл от другого, в *двойниках прорастания* кристаллы как бы прорастают друг друга, срastаясь по извилистым поверхностям. Двойникование в кристаллах может повторяться несколько раз, при этом образуются тройники и т.д. *Незакономерные срastания* кристаллов образуют друзы (или щетки) и другие разнообразные формы, в которых срastаются зерна минералов, не обязательно ограниченные естественными плоскостями кристаллов (рис. 15).

Друзы – это сростки более или менее правильных кристаллов, проросших одним концом к породе. Для их образования необходимы открытые полости, в которых может происходить свободный рост кристаллов [38]. В морфологическом отношении друзы подразделяются на:

- *щётки* – сростки одинаковых по высоте кристаллов, имеющие общее плоское основание;
- *кристаллические корки* – мелкие тесно сростшиеся кристаллики, покрывающие стенки узких трещин;
- *гребенчатые сростки* и т.д.

Совокупность нескольких минералов одного и того же происхождения называется *агрегатом* [38].

Наиболее распространенными являются *зернистые агрегаты*, которыми сложены все кристаллические горные породы. Зернистые агрегаты различаются по величине зерен: *крупнозернистые*, *среднезернистые*, *мелкозернистые*, *равномернозернистые* и *неравномернозернистые*.

Землистые массы – это рыхлые, мягкие, мучнистые агрегаты аморфного или скрытокристаллического строения, сажистые (черного цвета) или охристые (желтого, бурого и других ярких цветов). Образуются при химическом выветривании горных пород и в зоне окисления руд.

Различия в условиях образования минералов и помехи при кристаллизации приводят иногда к самому необычному для данного минерала внешнему виду (рис. 16).

Дендриты – напоминают причудливые по форме ветки растений (особенно папоротников). Образуются в результате проникновения и быстрой кристаллизации минералов в тонких, генетически заложенных трещинках и порах породы. Особенно часто встречаются черные дендриты марганца, самородной меди (рис. 17).

Секреции имеют овальную форму и отличаются концентрическим строением. Рост минералов происходит от периферии к центру. Внешние зоны секретий часто бывают выполнены аморфным или скрытокристаллическим минералом, а во внутренней их части сохраняется полость, на стенках которой нарастают друзы кристаллов или натечные агрегаты минералов (рис. 18).

Жеода – замкнутая полость в каких-либо горных породах, не полностью заполненная скрыто- или явнокристаллическим минеральным веществом. Внутренняя часть жеоды всегда полая [12]. Форма жеоды изометричная, округлая и др. (рис. 19)

Миндалины – мелкие пустоты в эффузивных (излившихся) породах, заполненные вторичными минералами.

Оолиты (от греч. «яйцо») – шарообразные скопления минерала с концентрически-скорлуповатым строением [33]. Агрегат мелких шариков, размер которых может быть от просяного зерна до горошины. Характерны для арагонита (гороховый камень), боксита, лимонита (бобовая руда).

Натечные формы и почковидные агрегаты – образуются на стенках различных пустот и полостей при медленном стекании растворов [33]. К ним относятся *сталактиты* (натёки, свисающие в виде сосулёк сверху) и *сталагмиты* (нарастающие снизу вверх). Срастание сталактита и сталагмита приводит к образованию *сталагмата* [38]. Сталактиты и сталагмиты кальцита часто встречаются в карстовых пещерах среди известняков. Различного вида натёки и почковидные агрегаты характерны для малахита, гематита (*красная стеклянная голова*), халцедона и других минералов.

Налёты и примазки – тонкие пленки различных вторичных минералов, покрывающие поверхность кристаллов или пород [33]. Например, плёнка лимонита на кристаллах горного хрусталя, примазки медной зелени по

трещинам в горных породах и т.д.

Выцветы – тонкие рыхлые корочки, пленки, налеты, часто пушистые или моховидные, на поверхности руд и горных пород, сухих почв, периодически появляющиеся (в сухую погоду) и исчезающие (в дождливые периоды) [33].

Псевдоморфозы («псевдо» – чужой, «морфос» – форма). Иногда минералы принимают не свойственную им форму, образуя точную копию другого минерала или органического образования. Например, лимонит, представляющий смесь различных гидроокислов железа, может встречаться в виде кубиков (псевдоморфоза лимонита по пириту) [33]. Простейшим примером псевдоморфозы являются окаменелости, в которых органическое вещество животного или растения целиком замещается кальцитом, опалом или халцедоном, сохраняя при этом все особенности своей первоначальной формы (рис. 20).

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 2

Морфологические формы минералов

Оборудование: рабочая и выставочная коллекция минералов и горных пород.

Задание 1. Пользуясь учебным пособием, рабочей и выставочной коллекцией минералов и горных пород, изучить основные морфологические формы минералов и минеральных агрегатов: двойники, дендриты, друзы, корки, щетки, секретиции, жеоды, конкреции, миндалины, оолиты, налеты, примазки, выцветы, псевдоморфозы.

Задание 2. Выполнить в тетради графическое изображение следующих морфологических форм минералов:

А. Три основные группы кристаллов, обладающих характерным обликом (габитусом):

- *изометричные кристаллы* магнетита, пирита, граната;
- *кристаллы, вытянутые в одном направлении:* горного хрусталя, берилла, турмалина;
- *кристаллы, вытянутые в двух направлениях:* слюда.

Б. Конкрецию, секрецию, жеоду.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. От чего зависит морфология минералов?
2. Какой облик (габитус) могут иметь монокристаллы?
3. Какая форма называется минеральным агрегатом?
4. Какие существуют агрегаты минералов?
5. В каких случаях образуются одиночные кристаллы и в каких агрегаты?
6. При каких условиях образуются друзы? Привести примеры морфологических разностей.
7. В чем заключается отличие конкреций от секреций?
8. Что такое дендрит, и какие условия необходимы для образования дендрита? Для каких минералов характерна данная форма?
9. Какие минералы могут встречаться в форме оолитов?
10. В каких условиях образуются натечные формы? Приведите примеры натечных форм минералов.
11. Что такое псевдоморфоза и как она образуется? Приведите примеры.

Физико-диагностические свойства минералов

Физические свойства минералов – это их внешние признаки, которые можно определить визуально [33]. К ним относятся: твердость, спайность, излом, блеск, цвет и др. Физические свойства минералов обуславливаются структурой и химическим составом, поэтому они могут быть использованы как диагностические признаки. Отдельные физические свойства могут быть одинаковыми у различных минералов и, наоборот, одно какое-либо свойство (например, цвет или удельный вес) может изменяться у одного и того же минерала в зависимости от примесей или условий образования.

Цвет минералов является важным диагностическим признаком. Минералы имеют самые различные цвета и оттенки. Одни минералы имеют определенный цвет, по которому можно их безошибочно определить, например, красная киноварь, желтая сера, золотистый пирит, синий лазурит, фиолетовый чароит (рис. 21).

Другие минералы, такие как турмалин, берилл, гранат, флюорит, кварц и другие, могут быть различно окрашенными. Например, цвет

флюорита большей частью фиолетовый, зеленый и белый. Но очень часто один и тот же образец в разных частях может быть различно окрашен, т.е. бывает *полихромным* (рис. 22).

Цвет минералов определяют визуально «на глаз», путем сравнения с хорошо знакомыми в быту предметами: молочно-белый, соломенно-желтый, бутылочно-зеленый, кроваво-красный, кирпично-красный и т.д. Для обозначения цвета минералов, имеющих металлический цвет, к названию главного цвета прибавляют название распространенного металла соответствующей окраски: оловянно-белый, свинцово-серый, латунно-желтый, медно-красный, железно-черный и т.д.

Окраска минералов зависит главным образом от химического состава самого минерала и от примеси элемента, называемого *хромофором*, т.е. носителем окраски [33]. Такими элементами являются: железо, никель, кобальт, титан, медь, хром и другие, которые входят в состав минерала и обуславливают его собственный (*идиохроматический*) цвет [33]. Например, зеленый цвет изумруда обусловлен примесью хрома, голубой цвет бирюзы – примесью меди. Цвет других минералов может быть связан с посторонними *механическими* включениями красящего вещества. Так, обычно белый кальцит может быть черным (примесь органического вещества), розовым (примесь тонкораспыленного гематита) и т.д. Подобные окраски, независящие от химической природы самого минерала, носят название *аллохроматических* (чужих, посторонних) [33].

Некоторые минералы меняют окраску в зависимости от освещения. Например, минерал лабрадор при некоторых углах поворота приобретает красивую синюю, серую или зеленую окраску, вызванную присутствием тончайших пленочек минерала ильменита (FeTiO_3), заполняющих трещинки спайности этого плагиоклаза. Данное свойство минералов называется *иризацией*.

Иризация – яркий цветной отлив на гранях или плоскостях спайности некоторых минералов, обусловленный субмикроскопическими ориентированными включениями [12]. Является важным диагностическим признаком.

Некоторые минералы имеют пеструю или радужную окраску поверхностного слоя – *побежалость*. *Побежалость* – это тонкая окислительная плёнка на поверхности минерала, образующаяся за счет изменения (окисления) минерала (рис. 23). Является важным диагностическим признаком. Желтая или пестрая (радужная) побежалость свойственна халькопириту

CuFeS_2 , а темно-синяя – антимониту Sb_2S_3 .

Цвет черты минерала – это цвет минерала в тонком порошке [17]. Многие минералы в растертом или порошковидном состоянии имеют другой цвет, чем в куске. Порошок можно получить, проводя куском минерала черту на белой шероховатой фарфоровой пластинке при условии, что твердость минерала меньше твердости фарфора. Если твердость минерала выше, то минерал образует на фарфоре царапину. *Цвет черты является основным признаком при определении минералов.* Например, магнетит, гематит и лимонит в кусках могут иметь одинаковый цвет, но по цвету черты их можно легко различить.

Блеск определяется способностью минералов отражать свет [33]. Является важным диагностическим признаком. По этому признаку минералы делятся на три группы:

- 1) с металлическим блеском;
- 2) с полуметаллическим и металловидным блеском;
- 3) с неметаллическим блеском.

Металлический блеск – блеск, свойственный металлам. Таким блеском обладают самородные металлы (золото, серебро, платина), многие сульфиды и окислы железа. Единственный из минералов галенит (PbS) обладает *сильным металлическим блеском*, который также называют *зеркальным* [2].

Полуметаллическим и металловидным блеском обладают минералы, поверхность которых имеет блеск потускневшего металла. К таким минералам относятся графит, гематит.

Наиболее обширной группой являются минералы с *неметаллическим блеском*. Здесь различают следующие виды блеска:

✓ *стеклянный блеск* сходен с блеском полированной поверхности стекла. Широко распространен среди прозрачных минералов (кварц на гранях кристаллов, кальцит);

✓ *жирный* – поверхность минерала как бы смазана маслом (кварц на изломе, нефелин);

✓ *перламутровый* – характерен для прозрачных минералов, которые блестят как поверхность перламутровых раковин (слюда, тальк);

✓ *шелковистый* – получается при тонковолокнистом строении минерала и напоминает блеск шелковистых нитей (асбест, волокнистые разновидности гипса);

✓ *алмазный* – особенно сильный, искрящийся стеклянный блеск (сфа-

лерит, киноварь);

✓ *матовый* – имеют минералы с пористой, неровной землистой поверхностью (каолин).

Вид блеска зависит от характера исследуемой поверхности. Например, кварц на гранях кристалла имеет стеклянный блеск, а на изломе – жирный.

Часто блеск минерала затрудняет определение его окраски. Например, из-за сильного металлического блеска пирита в хорошо выкристаллизовавшихся кубиках плохо распознается его соломенно-желтый цвет. Поэтому для определения цвета и блеска минерала требуется некоторый навык.

Твердость – степень сопротивления минерала внешнему механическому воздействию более прочного тела [33]. Является важным диагностическим признаком. В минералогии твердость устанавливается методом царапания минералов предметами, твердость которых является известной (стандартной). Для определения твердости минералов принята *шкала Мооса*, эталонами твердости которой являются определенные минералы, обладающие постоянной твердостью и расположенные в порядке увеличения твердости от 1 до 10, таким образом, что каждый предыдущий минерал царапается последующим. Твердость минералов по шкале Мооса является *относительной*, т.е. если тальк имеет твердость 1, а гипс твердость 2, то это не означает, что гипс в два раза тверже талька. Твердость их условна и при определении другими методами показывает иные значения (табл. 5).

Таблица 5

Показатели твёрдости минералов

Название минерала	Твердость по шкале Мооса (относительная)	Абсолютные показатели твердости, кг/мм ²
тальк	1	2,4
гипс	2	36
кальцит	3	109
флюорит (плавиковый шпат)	4	189
апатит	5	536
полевошпат (ортоклаз)	6	795
кварц	7	1 120
топаз	8	1 427
корунд	9	2 060

алмаз	10	10 060
-------	----	--------

Точное определение твердости минералов получают с помощью специальных приборов склерометров [33].

Спайность – способность минерала раскалываться по определенным кристаллографическим плоскостям с образованием ровных блестящих поверхностей скола [17]. Спайность может проявляться в одном, двух, трех, четырех и шести кристаллографических направлениях. Например, у слюды спайность в одном направлении по пинакoidу и кристаллы легко расщепляются по спайности на тончайшие листочки. Ромбический кристалл кальцита и доломита раскалывается в трех направлениях по ромбоэдру.

Угол между плоскостями спайности часто является важным диагностическим признаком минералов. Например, амфиболы и пироксены имеют сходные физические свойства. Но у пироксенов спайность проявляется под углом 87° , для амфиболов угол спайности равен 124° или 56° [33]. Кроме того, минералы различаются степенью выраженности спайности (табл. 6).

Таблица 6

Степень спайности минералов [15]

Степень спайности	Признаки	Примеры минералов
Весьма совершенная	Минерал очень легко расщепляется (например, ногтем) на отдельные листочки или пластинки, образуя зеркально-блестящие плоскости спайности	Слюда, тальк, графит, молибденит
Совершенная	Минерал раскалывается при слабом ударе молотком на гладкие параллельные пластинки, кубики или другие формы	Каменная соль, кальцит, галенит
Средняя	При расколе образуются как ровные спайные поверхности, так и неровные поверхности излома	Полевые шпаты, роговая обманка
Несовершенная	Поверхности скола в большинстве неровные, сколы по спайности единичны	Апатит, берилл, ильменит
Весьма несовершенная	Спайность отсутствует. Кри-	Золото,

	сталлы имеют неровные поверхности <i>излома</i> при расколе	кварц, нефелин
--	---	-------------------

При определении спайности за плоскости спайности иногда принимают внешние грани кристалла. Во избежание такой ошибки необходимо расколоть минерал и рассмотреть поверхность раскола.

Иногда под влиянием вторичных процессов (направленного давления, наличия включений) минералы приобретают *свойство отдельности* – способность раскалываться по неспайным направлениям [17; 33]. Такое явление характерно для корунда.

Минералы, не имеющие спайности или имеющие несовершенную спайность, раскалываются по неровным поверхностям *излома*.

Излом – вид поверхности, получающейся при расколе минерала. По характеру поверхности различают следующие виды излома:

1) *ровный*, поверхность раскола ровная, более или менее плоская, но не зеркально гладкая, как в случае совершенной спайности (халькопирит);

2) *неровный*, характеризуется неровной поверхностью раскола без блестящих спайных поверхностей (апатит, нефелин и др.);

3) *ступенчатый*, наблюдается у кристаллов с более или менее совершенной спайностью в двух или нескольких направлениях (галенит, ильменит, полевые шпаты);

4) *раковистый*, с вогнутой или выпуклой концентрически-волнистой поверхностью, напоминающей поверхность раковин (кварц, обсидиан и др.);

5) *крючковатый*, на поверхности раскола наблюдаются как бы острые крючки. Характерен для самородных минералов, обладающих ковкостью: медь, золото, серебро;

6) *занозистый*, с поверхностью, покрытой ориентированными в одном направлении занозами, напоминает излом древесины поперек волокнистости (волокнистый гипс, асбест);

7) *землистый*, с матовой поверхностью, покрытой мелкой пылью (каолин, лимонит);

8) *зернистый*, встречающийся часто у мелкокристаллических агрегатов (гипс, мрамор).

Удельный вес минералов колеблется от величин, примерно равных единице (0,85 г/см³) до 23,0 г/см³ (платинистый иридий) [33]. Точное опре-

деление удельного веса проводится в лабораторных условиях путем взвешивания на гидростатических весах или других специальных приборах. На практике для быстрого приблизительного определения удельного веса пользуются взвешиванием минералов на руке с оценкой «тяжелый», «средний», «легкий». Минералы по удельному весу условно подразделяются на три группы:

- легкие (удельный вес до $2,5 \text{ г/см}^3$);
- средние (удельный вес от $2,5$ до 4 г/см^3);
- тяжелые (удельный вес более 4 г/см^3).

Некоторые минералы легко узнаются по большому удельному весу (барит – $4,6 \text{ г/см}^3$).

Прозрачность – способность минерала пропускать свет. Различают минералы:

- прозрачные (горный хрусталь, исландский шпат);
- полупрозрачные, пропускающие свет подобно матовому стеклу;
- просвечивающие по тонкому краю, но не прозрачные в куске;
- непрозрачные.

Другие свойства

Реакция со слабой (10%-ной) соляной кислотой характерна для минералов класса карбонаты. Некоторые карбонаты легко разлагаются в холодной кислоте с выделением углекислого газа в виде пузырьков (кальцит), другие требуют измельчения в порошок (доломит) или подогревания (магнезит).

Магнитность определяется при помощи магнитной стрелки, которая колеблется при поднесении к ней минералов, обладающих магнитными свойствами (магнетит, ильменит, пирротин).

Двойное лучепреломление – используется при диагностике исландского шпата (если через прозрачный кусочек минерала рассматривать написанные на бумаге слова, они будут двоиться).

Пьезоэлектричество – появление электрического заряда на гранях некоторых кристаллов под действием их сжатия или растяжения вдоль одной из кристаллографических осей. Открыто в 1880 г. французскими физиками Пьером и Полем Кюри.

Люминесценция – способность некоторых минералов излучать свет при воздействии на них ультрафиолетовых, катодных или рентгеновских лучей («холодное свечение») [2]. Один и тот же минерал может люминесцировать

разными цветами и обнаруживать люминесценцию разного рода. Особенно интенсивная люминесценция наблюдается при воздействии ультрафиолетовых лучей. Флюорит в них светится фиолетовым цветом, корунд – малиново-красным, кальцит – оранжево-желтым и др. По длительности свечения различают:

- *флюоресценцию* – свечение, прекращающееся после прекращения действия возбудителя;
- *фосфоресценцию* – свечение продолжающееся некоторое время после прекращения возбуждения.

Люминесценция минералов имеет большое практическое значение для поисковых работ на различные виды полезных ископаемых [2].

Вкус – на вкус определяются только некоторые растворимые в воде соли (галит, сильвин).

Запах – некоторые минералы при ударе или разломе издают запах. Например, если потереть кусочки фосфорита друг о друга, появляется запах жженой кости, арсенопирит и самородный мышьяк при раскалывании издают резкий чесночный запах.

Шероховатость, жирность. Различают на ощупь минералы жирные (например, тальк, графит, молибденит) и сухие, «тощие», при растирании которых между пальцами создается ощущение шероховатости.

Гигроскопичность – способность минералов и горных пород увлажняться, притягивать воду, прилипать к языку (опока).

Скульптура граней кристалла (например, штриховатость).

Хрупкость – свойство минерала крошиться при проведении черты ножом или иглой (галенит).

Ковкость – способность минерала расплющиваться под ударом молотка в тонкую пластинку (золото).

Упругость – способность восстанавливать форму после снятия нагрузки (слоды, асбест).

Горючесть – некоторые минералы загораются от спички (например, сера горит голубым цветом, выделяя резкий удушливый запах сернистого газа, янтарь выделяет приятный гвоздичный запах).

Окрашивание пламени – например, минералы, содержащие стронций, окрашивают пламя в красный цвет, натрий – в желтый.

Радиоактивность – превращение неустойчивых изотопов одного хи-

мического элемента в изотопы другого с излучением элементарных частиц. Радиоактивностью обладают минералы, содержащие радиоактивные элементы, в первую очередь уран, радий, торий.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 3

Физико-диагностические свойства минералов. Шкала Мооса

Оборудование: Рабочая коллекция минералов различных классов, фарфоровые «бисквиты», шкала Мооса, заменители шкалы Мооса, компас, раствор 10%-ной соляной кислоты (HCl).

Задание 1. Определить физические свойства минералов: цвет, побежалость, иризацию, цвет черты, характер блеска, прозрачность, спайность, излом, магнитность, удельный вес, вкус, запах, гигроскопичность, реакцию с соляной кислотой, шероховатость, жирность, форму нахождения.

Задание 2. Определить твердость минералов, пользуясь шкалой Мооса.

Задание 3. Определить твердость минералов, пользуясь заменителями шкалы Мооса.

Ход работы

Диагностика минералов осуществляется на основе определения их физических свойств. Физические свойства минералов могут изменяться в зависимости от формы их нахождения в природе. Поэтому для каждого из определяемых образцов необходимо изучение всех перечисленных свойств. Прежде всего устанавливается *твердость*, которая в основном является величиной постоянной, не зависящей от размеров образца и крупности зерен минерала в породе. Определение твердости минералов производится *методом царапания*. В минералогической практике принята шкала Мооса, в которой используются минералы с известной и постоянной твердостью. Эти минералы располагаются в порядке возрастания твердости, так что каждый предыдущий минерал царапается последующим.

Определение твердости минералов, с использованием шкалы Мооса

1) на поверхности исследуемого минерала выбрать гладкую площадку;

2) под острым углом к поверхности минерала провести с нажимом черту минералом, взятым из шкалы Мооса;

3) убедиться, что на исследуемом образце осталась царапина (углубление), а не порошок эталонного образца;

4) используя последовательно эталонные минералы от самого мягкого до самого твердого, добиться такого положения, когда:

- испытуемый образец располагается по своей твердости между двумя эталонными = *твердость исследуемого образца оценивается средней величиной*. Например, если минерал царапается флюоритом и не царапается кальцитом, то его твердость 3,5;

- испытуемый образец царапается эталонным и сам царапает его = *твердость испытуемого образца равна твердости эталонного*. Например, если минерал царапается ортоклазом и сам оставляет на нем царапину, то его твердость 6;

5) Для того чтобы определить твердость минерала, представляющего собой *порошкообразный или землистый агрегат*, необходимо потереть этим порошком эталонный образец. Если последний покроеется царапинами, то его твердость меньше, чем исследуемого образца.

При отсутствии шкалы Мооса, твердость минералов можно определить другими способами, используя *заменители шкалы Мооса*:

- минералы с твердостью 1 пишут на бумаге, не оставляя на ней царапины;

- минералы с твердостью до 2 царапаются ногтем;

- бронзовая монета – 3,5–4;

- железный гвоздь, проволока имеют твердость 4;

- простое оконное стекло – 5;

- стальной нож, игла – 6;

- напильник – 7;

- минералы с твердостью выше 7, встречаются в природе относительно редко [15].

По твердости минералы можно разделить на четыре группы:

1) *мягкие минералы* – ноготь оставляет на них царапину, легко крошатся ногтем, пачкают руки, ими можно писать (тальк, графит, молибденит);

2) *минералы средней твердости* – ноготь не оставляет на них царапины, минерал не оставляет царапины на стекле (кальцит, халькопирит);

3) *твердые минералы* – оставляют царапину на стекле, но не оставляют ее на горном хрустале (кварц, полевые шпаты, пирит);

4) *очень твердые минералы* – оставляют царапину не только на стекле, но и на горном хрустале (топаз, корунд, алмаз). Очень твердые минералы

встречаются только в группе с неметаллическим блеском.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Чем обусловлен цвет минералов?
2. Что такое цвет черты минерала? Привести примеры минералов, имеющих различный цвет в куске и порошке.
3. Чем обусловлена иризация? Для какого минерала характерна?
4. В результате каких процессов образуется побежалость, для каких минералов характерна?
5. Чем отличается блеск минерала от прозрачности?
6. Каким методом определяется твердость минералов?
7. Что представляет собой шкала Мооса?
8. Как определяется твердость порошкообразных минералов?
9. Расположить в порядке увеличения твердости следующие минералы: алмаз, кальцит, кварц, тальк.
10. Можно ли определить твердость минералов без использования шкалы Мооса?
11. Минерал царапается кальцитом и сам оставляет на нем царапину. Какова его твердость?
12. Что такое отдельность минералов и в чем ее отличие от спайности?
13. Перечислить виды спайности.
14. Что такое излом минералов и его виды.
15. Как определяется магнитность минералов?
16. Что такое скульптура граней кристалла?
17. В чем заключается практическое значение физических свойств минералов?

Геологические процессы минералообразования

Минерал – это продукт природных физико-химических процессов. По источнику энергии процессы минералообразования разделяются на две группы: эндогенные и экзогенные [33].

ЭНДОГЕННЫЕ ПРОЦЕССЫ МИНЕРАЛООБРАЗОВАНИЯ

Эндогенные процессы протекают внутри земной коры и верхней

мантии и связаны с магматической деятельностью. Внедрение и кристаллизация магмы сопровождаются процессами, имеющими большое значение для преобразования горных пород и формирования важнейших рудных полезных ископаемых [33].

Среди эндогенных процессов минералообразования выделяют:

- собственно магматические;
- пегматитовые;
- пневматолитовые;
- гидротермальные;
- метаморфические.

Магматические процессы. К собственно магматическим процессам образования минералов относятся процессы, при которых минералы образуются непосредственно при кристаллизации магмы [33]. Магматические процессы минералообразования могут быть связаны с интрузиями и с эффузиями. Когда говорят о магматическом происхождении минералов, то обычно указывают, с какими по составу породами они связаны: кислыми, щелочными, основными или ультраосновными [33]. Ассоциации минералов при этом будут различными. Магматическое происхождение имеют многие промышленно важные минералы [33].

Пегматитовый процесс. Пегматиты – это минеральные тела, сложные по составу и по форме. Форма их преимущественно жильная, линзообразная, иногда встречаются неправильные ветвящиеся образования [33]. Главными минералами пегматитов являются полевые шпаты, кварц и слюды, часто встречаются турмалин, берилл, касситерит и др. Пегматитовые жилы могут достигать нескольких километров в длину и нескольких десятков метров мощности. Минералы пегматитов также достигают больших размеров [33].

Изучением пегматитов занимался академик А.Е. Ферсман. По мнению А.Е. Ферсмана, при кристаллизации магмы образуется остаточный силикатный расплав, богатый соединениями редких и редкоземельных элементов и летучими веществами – минерализаторами. Этот остаточный расплав выжимается вверх в вышележащие породы и заполняет в них трещины и полости [33]. По своему составу это тот же силикатный расплав, что и в материнской интрузии, поэтому главные породообразующие минералы пегматитов – полевые шпаты, кварц, слюды. При одновременной кристал-

лизации кварца и полевого шпата возникают характерные образования, которые носят название «письменного гранита», или «еврейского камня». В результате реакций пегматитового расплава с вмещающими породами возможны случаи, когда одни компоненты выносятся из расплава, а другие поглощаются. По мнению А.Е. Ферсмана, так образуются пегматиты «линии скрещивания», в отличие от обычных пегматитов «чистой линии», когда ассимиляции вещества из окружающих пород не происходит [33].

Существуют и другие точки зрения на происхождение пегматитов. Академик А.Н. Заварицкий и другие ученые считают, что пегматиты представляют собой не продукты кристаллизации остаточного магматического расплава, а являются результатом перекристаллизации пород под влиянием газовых растворов [33]. В результате такой перекристаллизации, которая происходит на большой глубине и при большом давлении, возможно, по их мнению, образование крупнокристаллических блоков, характерных для пегматитов [33].

Пегматиты имеют важное промышленное значение. Они являются единственным источником слюды-мусковита, источником редких металлов – лития, бериллия, олова, цезия, тантала и ниобия, редких земель, а также керамического и пьезооптического сырья и др.

Пневматолитовый процесс, или пневматолитиз (греч. «пневма» – газ) – процесс образования минералов из газовой фазы [33]. На некоторых этапах кристаллизации магмы возможно отделение газов. По мере движения вверх по трещинам эти газы охлаждаются, реагируют друг с другом и вмещающими породами, в результате чего образуются минералы [33].

Продукты пневматолита – пневматолиты – разделяются на вулканические и глубинные. Вулканические пневматолиты образуются в вулканических областях за счет газов, отделяющихся от магмы вблизи поверхности или на поверхности земли. Промышленное значение минералов вулканического происхождения очень ограничено [33].

Глубинные пневматолиты образуются в том случае, когда газы отделяются от магматического очага в недрах земной коры [33]. Газы просачиваются сквозь горные породы, реагируют с ними, преобразуя их химический и минеральный состав. Степень химических преобразований зависит от химической активности газов, состава пород и длительности процесса. К глубинным пневматолитам относят некоторые жильные тела и грейзены. *Грейзены* – породы, образовавшиеся в условиях средних глубин благодаря пе-

переработке магматическими газами и водными растворами гранитов и жильных магматических пород, эффузивов и некоторых осадочно-метаморфических пород [33]. В минералогическом отношении в грейзенах преобладает кварц, мусковит, литиевые слюды, топаз, турмалин, флюорит, рутил. Из рудных минералов характерны касситерит и вольфрамит, молибденит, арсенопирит. В грейзенах можно встретить берилл, особенно его прозрачную разновидность – аквамарин, которая является драгоценным камнем 1 класса (рис. 24).

Гидротермальный процесс – процесс выделения минералов из водных растворов. Гидротермы – горячие водные растворы, отделяющиеся от магмы или образующиеся в результате сжижения газов [33]. При своем движении горячие водные растворы используют различные тектонические нарушения, трещины, зоны контактов. По мере удаления растворов от магматического очага температура их падает. В результате падения температуры и реакции с вмещающими породами гидротермы отлагают свой груз в виде минералов [33]. Форма большинства гидротермальных минеральных тел жильная. Характерный жильный минерал – кварц (кварцевые жилы). Гидротермы могут быть:

- высокотемпературные (450°–300°);
- среднетемпературные (300°–200°);
- низкотемпературные (ниже 200°).

Высокотемпературные гидротермальные тела располагаются ближе к материнской интрузии, низкотемпературные являются наиболее удаленными.

При гидротермальной переработке вмещающих горных пород, они могут быть сильно изменены. Так образуются тальковые сланцы. При действии гидротермальных растворов на богатые магнием ультраосновные породы и доломиты образуются асбест, тальк, магнезит. Гидротермальное происхождение имеет большинство руд цветных, редких и радиоактивных металлов, золото, различные неметаллические полезные ископаемые [33].

Типичными представителями низкотемпературных гидротермальных месторождений являются месторождения колчеданных руд Среднего и Южного Урала, полиметаллические (свинцово-цинковые с примесью серебра) руды Алтая, Кавказа (Садонское месторождение). Наиболее низкотемпературными, образующимися ниже 200° считаются сурьмяные и ртутные месторождения (например, Хайдаркан в Средней Азии, Никитовское

месторождение киновари в Донбассе) [33].

Гидротермальные месторождения, сформированные на небольшой глубине (менее 1 км), отличаются разнообразием минерального состава. Здесь встречаются совместно такие минералы, как турмалин, вольфрамит и касситерит, с одной стороны, и халцедон, сфалерит, галенит – с другой. Эти минералы, обычно разделяющиеся в глубинных гидротермальных месторождениях, здесь не успевают разделиться и находятся вместе [33].

Метаморфические процессы минералообразования. Осадочные породы благодаря движениям земной коры могут попасть в более глубокие зоны литосферы, где существуют иные термодинамические условия, чем на поверхности. При этом они будут испытывать изменения – метаморфизм, главными факторами которого являются температура и давление [17; 33]. Процессы метаморфизации заключаются в обезвоживании, перекристаллизации и метасоматических явлениях. Например, известняк, подвергаясь метаморфизму, переходит в кристаллическую зернистую породу – мрамор, песчаник – в кварцит, глинистые породы – в филлит, а затем в кристаллические сланцы и гнейсы.

Метаморфизму подвергаются не только осадочные, но и магматические породы. Выделяют гидротермальный, контактовый и региональный метаморфизм [17; 33].

Гидротермальный метаморфизм заключается в метасоматической переработке газовыми и водными растворами вмещающих пород вдоль трещин и гидротермальных жил [17; 33]. Под *метасоматозом* Д.С. Коржинский понимает «всякое замещение горной породы с изменением химического состава, при котором растворение старых минералов и отложение новых происходит почти одновременно, так что в процессе замещения порода все время сохраняет твердое состояние». К этому виду метаморфизма относят процессы грейзенизации, турмалинизации, окварцевания, березитизации, хлоритизации, оталькования и др. [17; 33]. Метасоматические тела в основном имеют трубчатую или неправильную форму. Залегают большей частью среди карбонатных пород.

Контактовый метаморфизм проявляется на контакте двух пород, обычно осадочной и изверженной. Может происходить без существенного привноса новых веществ из магмы и с привносом их в контактовую зону [17; 33]. При контактовом метаморфизме практически без привноса веществ происходит только обжиг в контактовой зоне, частичная ассимиляция и его перекристал-

лизация. Так образуются контактовые *роговики*. Наиболее сильно явления контактового метаморфизма проявляется при внедрении интрузии в карбонатные породы. Гранитная магма и карбонатная порода реагируют между собой, в результате чего образуется комплекс новых минералов, характерный исключительно для контактовой зоны этих пород. Такими минералами являются *воластонит* $\text{Ca}_3[\text{Si}_3\text{O}_9]$ и *гроссуляр* $\text{Ca}_3\text{Al}_2[\text{SiO}_4]_3$. Реакционный обмен компонентами и присутствие новых веществ, привнесенных растворами, приводит к образованию в контактовой зоне своеобразных пород – *скарнов*. *Скарны* – это метасоматические породы, образовавшиеся в контакте гранитоидных интрузий с карбонатными породами при обязательном участии послемагматических растворов [13]. Характерными минералами скарнов являются пироксены (диопсид, геденбергит), гранаты (гроссуляр, андрадит) и другие более сложные силикаты, содержащие кальций, из рудных минералов – шеелит, молибденит, магнетит, халькопирит, галенит и сфалерит [17; 33; 44].

Региональный метаморфизм протекает на больших глубинах и захватывает огромные площади. При региональном метаморфизме в результате перекристаллизации при одностороннем давлении образуются минералы, которые в других условиях не возникают. Типичными минералами регионального метаморфизма являются слюды, гранаты, дистен, андалузит и др. Они являются породообразующими для широко распространенных метаморфических горных пород – кристаллических сланцев и гнейсов. В процессе регионального метаморфизма могут возникать крупные месторождения железных руд в виде железистых кварцитов (Кривой Рог, Курская магнитная аномалия). С региональным метаморфизмом связано образование т.н. *сухих трещин* или *жил альпийского типа*, которые являются источником горного хрусталя (пьезокварца), лунного камня (адуляра) и других минералов [17; 33].

ЭКЗОГЕННЫЕ ПРОЦЕССЫ МИНЕРАЛООБРАЗОВАНИЯ

Экзогенные геологические процессы протекают как в самых верхних слоях земной коры, так и на ее поверхности. В поверхностной зоне земной коры под влиянием колебаний температуры, химического воздействия воды, кислорода, а также различных органических веществ происходит процесс разрушения минералов и горных пород. Совокупность явлений физического разрушения и химического разложения минералов и горных пород носит название выветривания. В качестве синонима употребляется термин «гипер-

генез» (гипергенные процессы), введенный А.Е. Ферсманом в 1922 г. (от греч. «*гипер*» – над, сверх) [17; 33]. В результате физического выветривания происходит механическое разрушение пород и минералов на различного размера и формы обломки. Обломочный материал либо остается на месте своего разрушения, либо продукты выветривания могут переноситься водными и воздушными потоками на значительные расстояния. Новых минералов при этом не образуется, но в результате переноса и отложения образуются *россыпи* – промышленно важный тип месторождений некоторых особо ценных минералов (алмазов, золота, платины и др.). Некоторые минералы при этом могут переходить в раствор и мигрировать в растворенном виде, а затем, в соответствии с их гидродинамической и гидрохимической активностью, выпадать в осадок. Этот процесс получил название осадочного [17; 33].

Осадочный процесс. Химическое осаждение минералов может происходить из истинных и коллоидных растворов. В озерах, морях и лагунах иногда возникают такие условия, когда растворенные вещества не могут больше находиться в растворе и выпадают в осадок. Таким образом образуются различные соли: гипс, галит, карналлит и др. Это – химические осадки. Накопление солей происходит в условиях сухого жаркого климата при испарении морских (реже континентальных) вод. Последовательность осаждения солей определяется их концентрацией, составом и температурой морской воды [17; 33].

При химическом выветривании происходит химическое разложение минералов и образуются новые минералы, устойчивые в поверхностных условиях. Здесь прежде всего выделяют *остаточные образования*.

Остаточные образования. При разложении горных пород, содержащих силикаты и алюмосиликаты, происходит вынос растворимых продуктов (солей калия, натрия, кальция, магния), труднорастворимые продукты – глинозем и кремнезем – остаются на месте разрушения [17; 33]. В зависимости от особенностей климата глинозем может присутствовать либо в виде вторичных силикатов (каолина), либо в виде гидратов окисей (бокситов) [17; 33]. Бокситами называют остаточные образования коры выветривания, обогащенные гидроокислами алюминия [12]. Процессы образования каолина и бокситов носят название каолинизации и бокситизации.

Большое значение процессы выветривания имеют в рудных месторождениях. Во вскрытых эрозией рудных жилах первичные рудные минера-

лы, в особенности сульфиды, легко разрушаются и переходят во вторичные, окисленные минералы – сульфаты, окислы, карбонаты и другие соединения. В результате образуются зоны окисления сульфидных месторождений, или зоны «железной шляпы». Такое название зона получила благодаря бурым окислам железа, которые концентрируются в верхней окисленной части месторождения. Окисляющиеся сульфидные месторождения имеют зональное строение [17; 33; 44]. Согласно С.С. Смирнову, верхнюю часть месторождения занимает зона окисления, или зона железной шляпы, которая в свою очередь подразделяется на верхнюю выщелоченную зону и нижнюю богатую окисленную зону. В самой верхней части зоны окисления, богатой кислородом, сульфиды окисляются в сульфаты. Сульфаты легко растворимы, они просачиваются в нижнюю часть зоны окисления, где образуют новые минералы: гипс, малахит, азурит, смитсонит, церуссит, хризоколла, опал и другие. Главным минералом зоны окисления является лимонит, или бурый железняк. Ниже уровня грунтовых вод располагается зона цементации, или вторичного сульфидного обогащения, за которой находятся первичные неокисленные руды. В зоне цементации вода содержит сероводород и серную кислоту при отсутствии свободного кислорода. Сульфаты металлов (главным образом меди) реагируют с первичными рудами. В результате чего образуются вторичные сульфиды (халькозин, ковеллин). В зоне цементации образуются руды меди, серебра, золота, свинца и цинка. Особенно большое значение зона цементации, или вторичного сульфидного обогащения, имеет для медных месторождений, где халькозин (Cu_2S), ковеллин (CuS , или $Cu_2S \cdot CuS_2$) и борнит (Cu_5FeS_4) образуют значительные скопления [17; 33; 44].

Химический состав и формулы минералов

Для выяснения химического состава минерала производят его химический анализ. В результате пересчета данных анализа определяют химическую формулу минерала. Формулы могут быть *эмпирическими*, показывающими только химический состав, и *структурными*, дающими представление о пространственном расположении атомов в минерале и их связи между собой. Благодаря рентгеновским методам исследования во многих случаях удалось определить взаимоотношения атомов в кристаллических структу-

рах минералов. В минералах важно выявить катионы и анионные комплексы, характеризующие типы кристаллических структур [33]. При написании формул минералов анионные комплексы отделяются от катионов квадратными скобками. Например, сидерит $\text{Fe}[\text{CO}_3]$, барит $\text{Ba}[\text{SO}_4]$.

Эмпирические формулы минералов не отображают особенностей их внутреннего строения и в минералогии заменены структурными формулами. Например, эмпирическая формула минерала мусковита $\text{H}_2\text{KAl}_3\text{Si}_3\text{O}_{12}$, а структурная $\text{KAl}_2[\text{AlSi}_3\text{O}_{10}] (\text{OH}, \text{F})_2$.

Структурная формула показывает, что в структуре мусковита имеется сложный анионный комплекс и что вода в мусковите находится не в виде H_2O , а в виде гидроксила $(\text{OH})^-$, и этот гидроксил может быть в свою очередь замещен F^- .

Химический состав многих минералов нельзя точно отобразить формулой. Это зависит от различных механических примесей и способности некоторых соединений образовывать изоморфные смеси или твердые растворы [33].

Классификация минералов

Длительное время природные минералы классифицировали преимущественно по их химическому составу. В последующем на развитие минералогии оказали влияние идеи крупнейшего учёного, основателя геохимического направления в России В.И. Вернадского, подчеркивающего важность генезиса минералов при их классификации с учетом внешней кристаллографической формы [54]. В последующем кристаллохимические исследования установили тесную связь между химическим составом, кристаллической структурой и физическими свойствами минералов. Современная классификация минералов основана как на химическом составе, так и на кристаллической структуре и генезисе вещества (Н.В. Белов, А.Г. Бетехтин). Так как химический состав тесно связан с кристаллической структурой, то классификацию их в настоящее время называют *кристаллохимической* [54].

Генетическая классификация основана на делении минералов по условиям образования, в соответствии с которой минералы подразделяются на две крупные группы:

1) *Эндогенные* (греч. «эндо» – внутри) минералы, связанные с процессами, происходящими внутри земной коры и верхней мантии, магматизмом и метаморфизмом.

2) *Экзогенные* (греч. «экзо» – снаружи), или *гипергенные* (греч. «гипер» – над, сверху) минералы, образующиеся в верхней части земной коры и на ее поверхности в связи с экзогенными процессами – выветриванием и осаждением из водных растворов.

Выделяют также *породообразующие* минералы, которые являются главными составными частями горных пород. Из более, чем 3 000 минералов, известных в настоящее время, только около 50 имеют широкое распространение и значение в образовании горных пород, слагающих земную кору – полевые шпаты, кварц, амфиболы, пироксены, слюды, оливин, нефелин и др. [17; 33; 38].

Выделяют *главные породообразующие* минералы, которые составляют более 5 % объема породы и *второстепенные*, или *акцессорные* (лат. «акцессориус» – дополнительный), слагающие менее 5 % объема породы, например, циркон, магнетит, ильменит, гематит, флюорит, корунд, гранат и др.) [17; 33; 38].

Главные породообразующие минералы определяют *тип горной породы*, наличие или отсутствие акцессорных минералов является важной минералогической и промышленной характеристикой горной породы.

Минералы объединяются в несколько классов:

1. *Класс самородные элементы*: минералы, состоящие из одного химического элемента. Составляют около 0,1 % массы земной коры. Наиболее типичная форма кристаллической решетки у самородных элементов – атомная. Самородные элементы бывают как металлы, так и неметаллы. Самородные металлы характеризуются сходными специфическими особенностями: наилучшей электро- и теплопроводностью, сильным металлическим блеском, очень высоким удельным весом. Большая часть самородных минералов химически устойчива: не разрушаются при выветривании, не истираются механически и из-за своего большого удельного веса накапливаются в россыпях. Имеют чрезвычайно важное практическое значение. Известно около 45 минералов этого класса. Встречаются как в глубинных зонах Земли, так и на ее поверхности. К данному классу относятся самородное золото, серебро, медь, платина, графит, алмаз, сера и др.

2. *Класс сульфиды* – это сернистые соединения элементов главным образом тяжелых металлов. Составляют 0,25 % массы земной коры. Не являются породообразующими минералами, служат как руды цветных и черных

металлов. Сульфиды, за небольшим исключением, имеют металлический блеск, большой удельный вес и невысокую твердость. Сульфиды в большинстве случаев нетвердые – не оставляют царапины на стекле. Цвет у большинства сульфидов постоянный, характерный для каждого из них. Встречаются в виде кристаллов и друз, но чаще – в виде сплошных зернистых масс и вкрапленников. Происхождение сульфидов главным образом гидротермальное (высоко-, средне- и низкотемпературное), а также магматическое, скарновое и для некоторых экзогенное (осадочное или в связи с процессами восстановления сульфатов). При окислении сульфиды разлагаются и легко переходят в различные вторичные минералы: карбонаты, сульфаты, окислы и гидроокислы, устойчивые в поверхностных условиях. К сульфидам относятся: пирит (серный колчедан) FeS_2 , халькопирит (медный колчедан) CuFeS_2 , галенит (свинцовый блеск) PbS , сфалерит (цинковая обманка) ZnS , молибденит (молибденовый блеск) MoS_2 , киноварь HgS и др. Сульфиды имеют большое практическое значение – это важнейшие руды свинца, цинка, меди, серебра, никеля, кобальта, молибдена, ртути и других металлов.

3. *Класс окислы и гидроокислы.* Представляют собой соединения металлов с кислородом, в гидроокислах присутствует вода. Наиболее распространенными минералами этой группы являются окислы кремния, алюминия, железа, марганца и титана. Минералы широко распространены в природе и составляют около 17 % всей массы земной коры. Все устойчивые в условиях земной коры окислы нерастворимы в воде и слабо поддаются выветриванию. Физические свойства окислов различны: для большинства из них характерна высокая твердость. Большинство окислов – промышленно ценные рудные минералы: гематит, ильменит, магнетит, хромит и др.

4. *Класс галоидные соединения (галоиды).* К этому классу относятся фтористые, хлористые и очень редкие бромистые и йодистые соединения. Фтористые соединения, или фториды, большей частью генетически связаны с магматическими или гидротермальными процессами, иногда имеют осадочное происхождение. Хлористые соединения являются химическими осадками морей и озер и главными минералами соляных толщ и месторождений. Галоидные соединения имеют небольшое значение как породообразующие минералы, но очень важное практическое значение. К ним относятся галит (поваренная соль) NaCl , сильвин KCl , флюорит (шлавиковый

шпат) CaF_2 .

5. *Класс карбонаты* очень широко распространены в верхних частях земной коры и представляют собой соли угольной кислоты. Подразделяются на безводные и водные. Карбонаты преимущественно нерудные и частично рудные полезные ископаемые, имеют также породообразующее значение. Важным диагностическим признаком является совершенная спайность по ромбоэдру и взаимодействие с 10%-ной соляной кислотой. Отличаются по характеру реакции:

- реагируют бурно в холодном виде (кальцит);
- реагируют слабо в порошке (доломит);
- реагируют в порошке при нагревании (магнезит);
- реагируют активно, при этом капля кислоты меняет цвет (сидерит).

6. *Фосфаты* представляют собой минеральные соли фосфорной кислоты. В группу входит большое количество минералов, но важное значение как породообразующие и сырье для производства фосфорных удобрений имеют апатит и фосфорит.

7. *Класс сульфаты*. Представляют собой соли серной кислоты и пользуются широким распространением. Различают простые, сложные и водные сульфаты. По внешним признакам напоминают минералы, входящие в класс карбонатов. Образуются как при эндогенных, так и при экзогенных процессах. Обычно окрашены в светлые тона. Твердость сульфатов ниже 4, удельный вес зависит от того, какой металл входит в состав минерала. Некоторые сульфаты растворимы в воде и обладают горьковато-соленым вкусом. Важное промышленное значение имеет алунит, барит, гипс, мирабилит.

8. *Класс силикаты*. Представляют собой наиболее многочисленную группу минералов, в количественном отношении составляют не менее 85 % по весу всей земной коры. В этот класс входят наиболее распространенные в земной коре породообразующие минералы, чрезвычайно сложные по своему химическому составу и входящие в состав всех типов горных пород. Они составляют примерно одну треть всех известных минералов. Многие из них важнейшие полезные ископаемые. Во многих силикатах широко развиты явления изоморфизма и полиморфизма. В основе кристаллической решетки всех силикатов лежит ионная четырехвалентная группировка $[\text{SiO}_4]^{4-}$, которая образует тетраэдр. В центре его располагается ион кремния Si^{4+} , а в углах (в вершинах) – ионы кислорода O^{2-} . Такой тетраэдр обладает че-

тырьмя свободными валентными связями, благодаря чему может присоединять ионы Fe, Mg, Ca, Na, K и соединяться с другими тетраэдрами. В некоторых силикатах часть ионов кремния замещается ионами алюминия, и в этом случае они называются алюмосиликатами. Кристаллохимическое изучение и рентгеноструктурный анализ позволили разделить силикаты на подклассы и группы. Все силикаты по внутренней структуре подразделяются на островные, кольцевые, цепочечные, ленточные, слоистые и каркасные. Силикаты довольно устойчивы на поверхности Земли. Но постепенно разрушаясь механически, они изменяются и химически, вступают в соединения с водой, переходят в минералы группы глини и в виде этих минералов являются более устойчивыми в условиях поверхности.

Подкласс островные силикаты

Островными называются такие силикаты, в кристаллической решетке которых присутствуют разобщенные «островки» – кремнекислородные тетраэдры, одиночные или спаренные (рис. 25).

В структуре данного типа кремнекислородные тетраэдры не имеют общих вершин, т.е. общих ионов кислорода и удерживаются в решетке ионами других элементов. Благодаря плотной упаковке ионов эти силикаты обладают высокой твердостью и большим удельным весом, изометричной формой кристаллов. Для силикатов со сдвоенными тетраэдрами характерны более удлиненные (столбчатые и шестоватые) призматические кристаллы. Окраска их обусловлена присутствием ионов-хромофоров Fe^{2+} , Fe^{3+} , Co^{2+} , Ni^{2+} , Mn^{2+} , Cr^{3+} , Ti^{4+} . Если такие ионы отсутствуют, то минералы являются бесцветными или окрашены в белый цвет со слабыми цветными оттенками. При разложении в кислотах островные силикаты дают студенистый гель (коллоид) кремнезёма. Устойчивость по отношению к выветриванию зависит от содержания в них железа, особенно закисного (Fe^{2+}). К островным силикатам из широко распространённых относятся оливин, гранат, циркон, дистен (кианит), андалузит, ставролит, топаз и др. (рис. 26, 27).

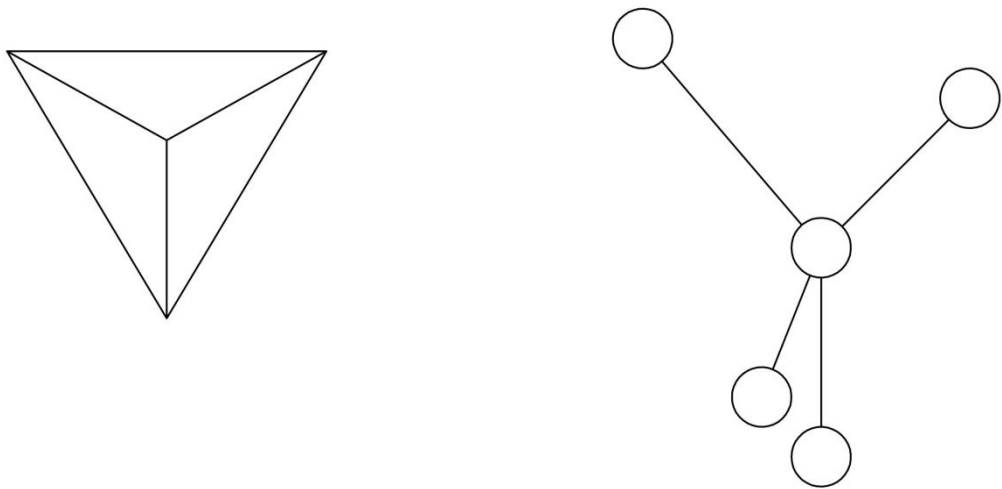


Рис. 25. Типы соединения кремнекислородных тетраэдров:
изолированный кремнекислородный тетраэдр островных силикатов

Подкласс кольцевые силикаты

Кремнекислородные тетраэдры соединяются в замкнутые кольца из трех, четырех или шести тетраэдров (рис. 28).

Форма колец определяет форму кристаллов соответствующих минералов. Кольцевые силикаты образуют геометрически правильные кристаллы, преимущественно столбчатого, призматического облика. Характеризуются высокой твердостью, лишены ясной спайности, часто бывают прозрачными и содержат примеси хромофоров, окрашивающие их в разнообразные красивые цвета. Наиболее характерными представителями являются берилл и его разновидности (аквамарин, гелиодор, изумруд), турмалин (рис. 29).

Подкласс цепочечные (ленточные) силикаты

В строении кристаллической решетки главную роль играют цепочки, состоящие из кремнекислородных тетраэдров (SiO_4^{4-}) (рис. 30). Цепочки могут быть одинарными, спаренными, в зависимости от чего внутри подкласса выделяют несколько минеральных групп.

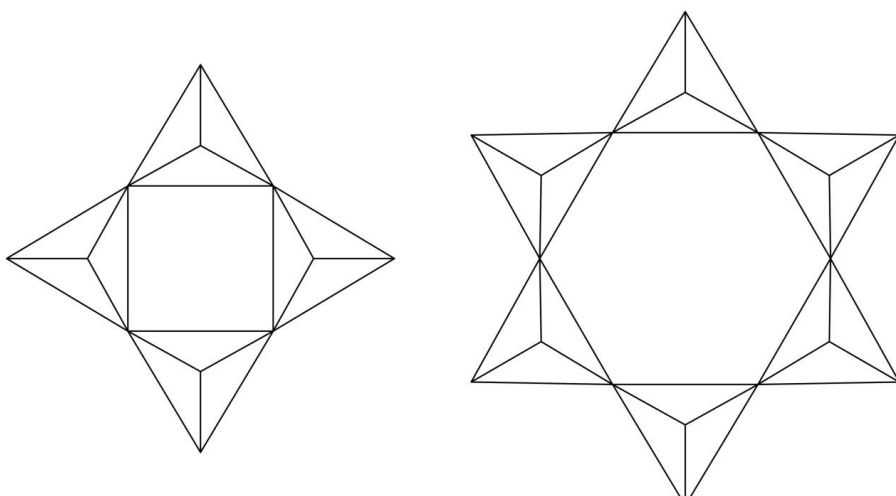
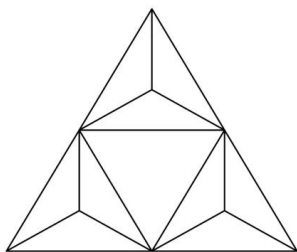


Рис. 28. Типы соединения кремнекислородных тетраэдров:
 группа из трех, четырех и шести тетраэдров, связанных в кольцо
 (кольцевые силикаты)

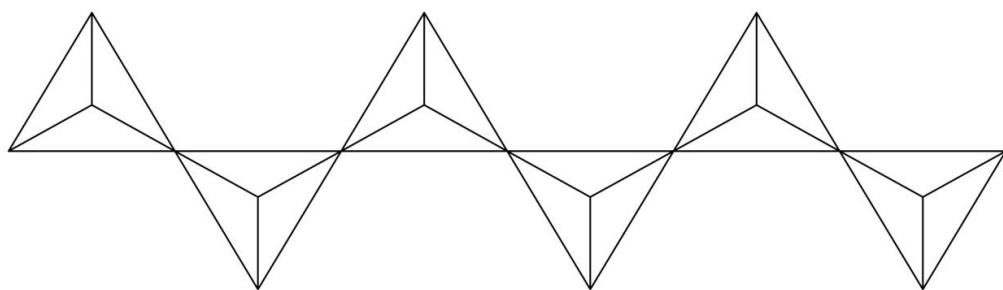


Рис. 30. Типы соединения кремнекислородных тетраэдров: цепочка тетраэдров
 Ленточные силикаты представлены непрерывными обособленными

лентами, образованными двойными *цепочками* из кремнекислородных тетраэдров, соединенных друг с другом попеременно двумя или тремя общими ионами кислорода (рис. 31).

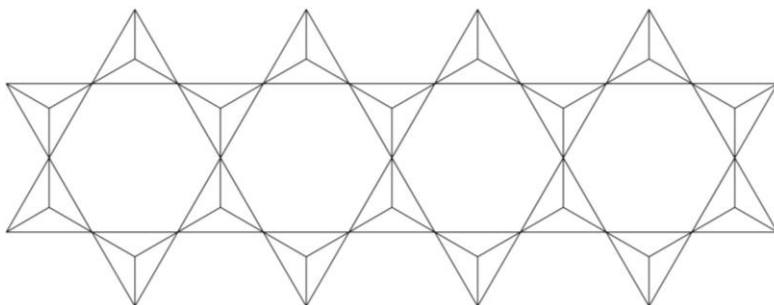


Рис. 31. Типы соединения кремнекислородных тетраэдров: лента тетраэдров

Образуют кристаллы, резко вытянутые в одном направлении вдоль цепочек: шестоватые, игольчатые, волокнистые и т.д. Спайность совершенная, преимущественно по призме. Прочность самих кристаллов гораздо меньше в продольном, чем в поперечном направлении, так как отделить слабосвязанные цепочки или их серии одну от другой значительно легче, чем нарушить целостность самих цепочек. Этим объясняется занозистый поперечный излом кристаллов. Окраска связана с присутствием хромофоров – Fe и Mn. При отсутствии Fe цепочечные силикаты бесцветные или имеют белый цвет. Железистые разновидности окрашены в тёмные цвета различных оттенков: зелёный, бурый, до зеленовато-чёрного и чёрного. Но черта даже у самых тёмных минералов этого подкласса всегда светлая – белая, зеленоватая, бесцветная. К *цепочечным силикатам* относятся минералы группы пироксенов, которые подразделяются на моноклинные и ромбические. Наиболее распространенными пороодообразующими из моноклинных пироксенов являются авгит, эгирин. *Авгит* – минерал сложного и непостоянного химического состава $\text{Ca}(\text{Mg}, \text{Fe}, \text{Al})[(\text{Si}, \text{Al})_2\text{O}_6]$. Если в составе минерала присутствуют Na_2O или Fe_2O_3 , то минерал называется эгирин-авгитом. Широко распространенными представителями *ленточных* силикатов являются *амфиболы*, которые входят в состав магматических и метаморфических горных пород. Макроскопически отличить амфиболы от пироксенов бывает достаточно сложно, особенно когда минерал представлен в виде мелких кристаллов. Амфиболы, как и пироксены, кристаллизуются в моноклинной и ромбической сингониях. Типичным пред-

ставителем моноклинных амфиболов является *роговая обманка*, от авгита отличающаяся волокнистостью и шелковистостью вытянутых столбчатых кристаллов. Кроме обыкновенной роговой обманки, для некоторых горных пород метаморфического происхождения характерна лучистая роговая обманка зеленого цвета – *актинолит*, имеющий игольчатое строение кристаллов. Важными полезными ископаемыми являются сподумен, волластонит, родонит, силлиманит.

Подкласс слоистые (листовые) силикаты

В кристаллической решетке минералов этого подкласса кремнекислородные тетраэдры образуют плоские сетки или слои, параллельные основанию кристаллов (рис. 32). Ленты кремнекислородных тетраэдров соединены в один непрерывный слой, что определяет их весьма совершенную спайность в одном направлении и небольшую твердость. Имеют уплощенную (таблитчатую или пластинчатую) форму кристаллов, обладают стеклянным, реже жирным, восковым, шелковистым или перламутровым блеском и невысокой твердостью. Подкласс слоистых (листовых) силикатов включает в себя большое число минералов, в том числе широко распространенных пороодообразующих и важных полезных ископаемых: тальк, серпентин, гарниерит, мусковит, биотит, лепидолит, вермикулит, хлориты, каолинит, монтмориллонит, хризоколла, клинохлор и др. Некоторые минералы подкласса слоистые (листовые) силикаты не имеют практического значения.

Минералы подкласса каркасные силикаты отличаются непрерывным сцеплением кремнеалюмокислородных тетраэдров через все четыре вершины, в результате чего образуется каркас. Каркас, состоящий только из кремнекислородных тетраэдров является нейтральным, т.к. все валентности кислорода будут использоваться на связь с кремнием. Радикал такого каркаса $[\text{SiO}_2]^0$. В каркасных силикатах наряду с кремнекислородными тетраэдрами присутствуют алюмокислородные тетраэдры. Замена четырехвалентного кремния Si^{4+} трехвалентным Al^{3+} вызывает появление одной свободной валентности и необходимость вхождения других катионов (например, K или Na). Каркасные силикаты характеризуются высокой твердостью (5-6), светлой окраской и средним удельным весом 2,5-2,75 г/см³. Каркасные силикаты подразделяются на две группы: полевые шпаты и фельдшпатоиды.

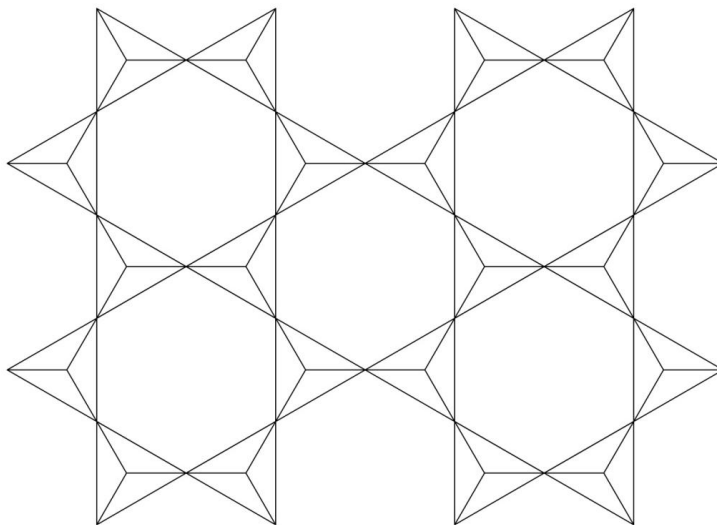


Рис. 32. Типы соединения кремнекислородных тетраэдров:
слой (лист) тетраэдров

Подкласс каркасные силикаты

Группа полевых шпатов

Шпатами называются минералы, обладающие совершенной спайностью по двум направлениям. Термин *полевой* возник в связи с нахождением соответствующего минерала на пашнях Швеции – родины этого названия [35]. Полевые шпаты очень распространены в природе: их доля в строении верхних горизонтов земной коры составляет около 50 % по весу, а в магматических горных породах – 60 %. Они являются алюмосиликатами щелочных (Na и K) и щелочноземельных (Ca и Ba) металлов. Различия в химическом составе позволяют выделять две подгруппы полевых шпатов: *известково-натровые (плаггиоклазы)* и *калиево-натровые (ортоклаз и микроклин)*.

Плаггиоклаз, $(100-n) \text{Na}[\text{AlSi}_3\text{O}_8] n\text{Ca}[\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8]$, где n может меняться от 0 до 100. Представляют собой изоморфный ряд с двумя крайними членами: альбитом $\text{Na}[\text{AlSi}_3\text{O}_8]$ и аноритом $\text{Ca}[\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8]$. Название от греч. «*косораскалывающийся*», плоскости совершенной спайности образуют угол, заметно отличающийся от прямого (86–87°). Плаггиоклазы имеют важное значение в петрографии для классификации изверженных пород, поэтому они хорошо изучены. Е.С. Федоровым была предложена их классификация, основанная на процентном соотношении аноритовой составляющей. Номер плаггиок-

лаза точно характеризует его состав [35].

Полевые шпаты имеют большое практическое значение: чистые ортоклаз и микроклин – ценное керамического сырье; полевошпатовые продукты, получаемые попутно при обогащении редкоземельных руд, используются в стекольной, абразивной и электротехнической промышленности. Лунный камень относится к драгоценным; амазонит, иризирующие плагиоклазы и авантюриновые полевые шпаты – к поделочным камням. Ювелирно-поделочные разновидности – лунный и солнечный камни, беломорит (месторождения Северной Карелии), амазонит (Кейвы, Кольский полуостров) – добывают главным образом из пегматитов [35].

Группа фельдшпатоидов

Минералы этой группы являются «заместителями» полевых шпатов в недосыщенных кремнекислотой и пересыщенных щелочами изверженных горных породах [35]. В редких случаях образуются при метасоматических процессах (лазурит, иногда нефелин). Подобно оливину, они не встречаются вместе с кварцем. По многим физическим свойствам фельдшпатоиды близки к полевым шпатам, но отличаются отсутствием спайности и обликом кристаллов. Основной формой выделений фельдшпатоидов являются зернистые агрегаты и отдельные неправильные зерна в составе щелочных горных пород. К группе фельдшпатоидов относятся основной породообразующий минерал щелочных горных пород нефелин и один из самых эффектных поделочных камней – лазурит (рис. 33).

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МИНЕРАЛОВ

Современная минералогия использует большой набор диагностических средств, включающих точные и часто довольно сложные методы исследования (химический, спектральный, рентгенометрический методы, оптические методы и др.). Точные методы исследования необходимы при детальном изучении минералов, но основой диагностики минералов, особенно в полевых условиях, остаются визуальные методы, т.е. определение минералов по их внешним признакам. Определение многих минералов, обладающих характерными внешними признаками, достаточно надежно осуществляется именно визуальным методом. Но визуальная диагностика возможна не всегда. Часто она оказывается затруднительной в случаях, когда минералы представлены неправильными выделениями с плохо выраженными диагностическими особенностями или когда внешние признаки минерала характеризуются большой изменчивостью.

Определение (диагностику) минералов следует начинать с «Ключа к определителю минералов». Все отечественные определители разработаны на основе физических свойств, которые являются более постоянными, это может быть твердость либо блеск. Данный определитель составлен на основе блеска минералов. Определить минерал – значит установить название минерала. После этого следует прочитать дополнительные сведения о минерале в описательной части.

Ключ к определителю минералов

Блеск металлический

1. **Минерал мягкий** (ноготь оставляет царапину на минерале) 84
2. **Средней твердости** (ноготь не оставляет царапину на минерале, минерал не оставляет царапину на стекле):
 - Черта серебряно-белая 84
 - Черта желтая, бурая 85
 - Черта серая до черной 85
3. **Твердый** (оставляет царапину на стекле, но не оставляет на горном хрустале):
 - Цвет желтый, красный, бурый 85
 - Цвет темно-серый, черный 85

Блеск неметаллический или образец матовый

1. **Минерал мягкий** (ноготь оставляет царапину на минерале)

Горит или легко плавится	86
Не горит	86
Черта белая или черты не дает	86
Имеет вкус	86
Вкуса не имеет	86
Листоватый, чешуйчатый (кончиком перочинного ножа легко отделяются тонкие пластины)	86
Иного вида	86
Черта желтая, оранжевая, красная, бурая	87
Черта зеленая	87
Черта голубая, синяя	87
Черта серая до черной	87
2. Средней твердости (ноготь не оставляет царапину на минерале, минерал не оставляет царапину на стекле):	
Горит или легко плавится	87
Не горит	87
Черта белая или черты не дает	
Имеет вкус	87
Вкуса не имеет	88
Листоватый, чешуйчатый	88
Иного вида	88
Вскипает при действии холодной или нагретой соляной кислоты	88
С соляной кислотой не реагирует	89
Черта желтая, бурая, коричневая, красная	89
Черта зеленая	89
Черта голубая, синяя	89
Черта серая до черной	89
3. Твердый (оставляет царапину на стекле, но не оставляет на горном хрустале):	
Цвет белый, светло-серый или минерал бесцветный	89
Цвет желтый, бурый, розовый, красный:	89
Дает порошок	89
Порошка не дает	89
Цвет зеленый	91
Цвет голубой, синий, фиолетовый	91
Цвет темно-серый, черный:	91
Дает порошок	91
Порошка не дает	92

Определитель минералов

Блеск металлический

1. Минерал мягкий (ноготь оставляет царапину на минерале).

Графит. Цвет стально-серый или железно-черный. Растирается пальцами в чёрную сажистую пыль (отличие от молибденита).

Молибденит. Цвет светло-серый, свинцово-серый. Растирается пальцами в светло-серый, блестящий порошок (отличие от графита).

2. Средней твердости (ноготь не оставляет царапину на минерале, минерал не оставляет царапину на стекле).

Черта серебряно-белая

Платина. Цвет серебряно-белый, стально-серый. Тяжелая. Излом во всех направлениях неровный (отличие от галенита).

Черта желтая, бурая

Золото самородное. Цвет золотисто-желтый. Порошок золотисто-желтый, металлически блестящий.

Лимонит (бурый железняк). Цвет железно-черный, местами ржаво-бурый, охристо-желтый. Порошок ржаво-бурый, охристо-желтый.

Черта серая до черной

Галенит (свинцовый блеск). Цвет свинцово-серый. Тяжелый. При ударе распадается на мелкие кубики и образует ступенчатый излом. Спутник – сфалерит.

Халькопирит (медный колчедан). Цвет соломенно-желтый, густо-желтый, золотистый. Спайность отсутствует. На поверхности характерна пестрая радужная побежалость.

Ильменит (титанистый железняк). Цвет железно-черный. Тяжелый. Спайность несовершенная в одном направлении. Излом во всех направлениях неровный, ступенчатый. Слабомагнитен.

Магнетит (магнитный железняк). Цвет железно-черный. Тяжелый. Излом во всех направлениях неровный, зернистый. Магнитный.

3. Твердый (оставляет царапину на стекле, но не оставляет её на горном хрустале).

Цвет желтый, красный, бурый

Пирит (серный колчедан). Цвет латунно-желтый, порошок черный.

Цвет темно-серый, черный

Гематит (красный железняк). Цвет железно-черный. Тяжелый. Излом во

всех направлениях неровный. Порошок вишнево-красный (как у спелой вишни).

Ильменит (титанистый железняк). Цвет железно-черный. Тяжелый. Спайность несовершенная в одном направлении. Излом во всех направлениях неровный, ступенчатый. Слабомагнитен.

Лимонит (бурый железняк). Цвет железно-черный. Местами ржаво-бурый, охристо-желтый. Порошок ржаво-бурый, охристо-желтый.

Магнетит (магнитный железняк). Цвет железно-черный. Тяжелый. Излом во всех направлениях неровный, зернистый. Магнитен.

Хромит (хромистый железняк). Цвет железно-черный. Порошок бурый (отличие от магнетита).

Блеск неметаллический или образец матовый

1. Минерал мягкий (ноготь оставляет царапину на минерале).

Горит или легко плавится

Сера самородная. Цвет светло-желтый, зеленоватый, бурый, серый. Черный. Загорается от спички и горит голубоватым пламенем, выделяя резкий удушливый запах. При растирании между пальцами оставляет характерный запах спичек.

Не горит

Черта белая или черты не дает

Имеет вкус

Галит (каменная соль). Бесцветная или цвет сероватый. Вкус соленый. Кристаллы легко раскалываются по граням куба.

Сильвин. Цвет молочно-белый. Вкус горько-соленый, жгучий. Кристаллы легко раскалываются по граням куба.

Вкуса не имеет

Листоватый, чешуйчатый (кончиком перочинного ножа легко отделяются тонкие пластины)

Мусковит (белая слюда). Бесцветная, белая. Листочки гибкие и упругие.

Биотит (черная слюда). Цвет черный. Листочки гибкие и упругие.

Гипс (марьино стекло). Бесцветное, прозрачное, в сплошном куске белое. Толстолистоватые массы.

Тальк. Цвет зеленовато-белый, светло-зеленый, зеленовато-серый, желтовато-белый, белый. Порошок белый. Жирный на ощупь. Чешуйчатый, хрупкий.

Иного вида

Стеатит. Цвет зеленовато-белый, светло-зеленый, зеленовато-серый, желтовато-белый, белый. Сплошной зернистый, плотный. Жирный на ощупь.

Гипс. Бесцветный, белый, сероватый, желтоватый, розоватый, красный, серый до черного. Бесцветный гипс прозрачен. Сплошной зернистый, плотный или толстолистоватый (марьино стекло), тонковолокнистый параллельноигольчатый (селенит).

Черта желтая, оранжевая, красная, бурая

Киноварь. Цвет ярко-красный, темно-красный. Порошок кроваво-красный.

Железная охра. Цвет охристо-желтый (лимонит), вишнево-красный (гематит). Пачкает руки. Порошковатый.

Черта зеленая

Малахит (медная зелень). Цвет зеленый. Вскипает под действием разбавленной соляной кислоты. Спутник – азурит (медная синь).

Черта голубая, синяя

Азурит (медная синь). Цвет голубой, синий. Вскипает под действием разбавленной соляной кислоты. Спутник – малахит (медная зелень).

Черта серая до черной

Графит. Цвет железно-черный, темно-серый. Жирен на ощупь. Сплошной чешуйчатый, плотный.

2. Средней твердости (ноготь не оставляет царапину на минерале, минерал не оставляет царапину на стекле).

Горит или легко плавится

Сера самородная. Цвет светло-желтый, зеленоватый, бурый, серый, черный. Загорается от спички и горит голубоватым пламенем, выделяя резкий удушливый запах. При растирании между пальцами оставляет характерный запах спичек.

Не горит

Черта белая или черты не дает

Имеет вкус

Галит (каменная соль). Бесцветный или цвет сероватый. Вкус соленый. Кристаллы легко раскалываются по граням куба.

Сильвин. Цвет молочно-белый. Вкус горько-соленый, жгучий. Кристаллы легко раскалываются по граням куба.

Вкуса не имеет

Барит. Минерал тяжёлый. Цвет бесцветный, водяно-прозрачный, благодаря примесям может быть серый, голубовато-серый, зеленоватый, жел-

товатый, мясо-красный или черный цвет. Блеск стеклянный, на плоскостях спайности – перламутровый. Спайность в трех направлениях, параллельно основанию кристалла – совершенная.

Дистен (кианит). Кристаллы вытянутые уплощенные досковидные и их радиально-лучистые сростки. Цвет голубой (до белого), синий, серый до черного, реже зеленый, бурый, желтый. Твердость неодинаковая в двух различных направлениях вдоль кристалла – средняя, поперек – твёрдая. Блеск стеклянный, перламутровый.

Флюорит. Цвет большей частью фиолетовый, зеленый и белый. Один и тот же образец в разных частях может быть различно окрашен, т.е. бывает *поликромным*. Спайность совершенная по октаэдру. Блеск стеклянный.

Листоватый, чешуйчатый (кончиком перочинного ножа легко отделяются тонкие пластины)

Мусковит (белая слюда). Бесцветная, белая. Листочки гибкие и упругие.

Биотит (черная слюда). Цвет черный. Листочки гибкие и упругие.

Гипс (марьино стекло). Бесцветное, прозрачное, в сплошном куске белое. Толстолистоватые массы.

Тальк. Цвет зеленовато-белый, светло-зеленый, зеленовато-серый, желтовато-белый, белый. Порошок белый. Жирный на ощупь. Чешуйчатый, хрупкий.

Иного вида

Вскипает при действии холодной или нагретой соляной кислоты

Кальцит. Бесцветный (исландский шпат), белый, желтый, зеленый, голубой, фиолетовый, бурый, черный. Бурно вскипает при действии разбавленной соляной кислоты.

Доломит. Цвет белый, желтый, зеленый, бурый, черный. При действии разбавленной соляной кислоты вскипает слабо в порошке.

Магнезит. Зернистые массы, сложенные из зерен удлинённой формы, смешанного серо-белого цвета. Порошок вскипает при действии нагретой соляной кислоты.

Сидерит. Блеск стеклянный. Цвет желтовато-серый, желтовато-бурый. С холодной соляной кислотой реагирует активно, при этом капля кислоты меняет цвет.

С соляной кислотой не реагирует

Черта желтая, бурая, коричневая, красная

Лимонит (бурый железняк). Цвет железно-черный. Местами ржаво-бурый, охристо-желтый. Порошок ржаво-бурый, охристо-желтый.

Сфалерит (цинковая обманка). Блеск алмазный. Цвет желтый, бурый, красноватый, буро-черный. При расколе образует ровные поверхности в нескольких направлениях. Спутник – галенит (свинцовый блеск).

Кинобарь. Цвет ярко-красный, темно-красный. Порошок кроваво-красный.

Гематит. Цвет вишнево-красный, темно-красный. Порошок вишнево-красный (как у спелой вишни).

Черта зеленая

Малахит (медная зелень). Цвет зеленый. Вскипает под действием разбавленной соляной кислоты. Спутник – азурит (медная синь).

Черта голубая, синяя

Азурит (медная синь). Цвет голубой, синий. Вскипает под действием разбавленной соляной кислоты. Спутник – малахит (медная зелень).

Черта серая до черной

Авгит. Цвет чёрный. Сплошная масса, состоящая из зёрен коротко-призматической формы. Угол между плоскостями призматической спайности 87–88°.

Роговая обманка. Цвет чёрный, зеленовато-черный. Сплошная масса, состоящая из зёрен длиннопризматической и игольчатой формы. Угол между плоскостями призматической спайности 124°.

Сфалерит (цинковая обманка). Блеск алмазный. Цвет темно-серый до черного. При расколе образует ровные поверхности в нескольких направлениях. Спутник – галенит (свинцовый блеск).

3. Твердый (оставляет царапину на стекле, но не оставляет её на горном хрустале).

Цвет белый, светло-серый или минерал бесцветный

Полевой шпат (микроклин, ортоклаз). Блеск стеклянный. Цвет белый, светло-серый. При раскалывании дает в двух направлениях ровные, как бы полированные, блестящие поверхности скола, а в третьем направлении неровную матовую поверхность излома (отличие от кварца).

Кварц. Блеск стеклянный. На изломе жирный. Цвет белый или светло-серый. Илом во всех направлениях неровный (отличие от полевого шпата). Сплошная зернистая масса.

Горный хрусталь. Блеск стеклянный, на изломе жирный. Бесцветный. Прозрачный. Имеет вид шестигранных призматических кристаллов, увенчанных пирамидкой, или сплошной массы с раковистым изломом. На гранях кристалла наблюдается поперечная штриховка.

Цвет желтый, бурый, розовый, красный

Гематит. Цвет вишнево-красный, темно-красный. Порошок вишнево-красный (как у спелой вишни).

Лимонит (бурый железняк). Цвет железно-черный. Местами ржаво-бурый, охристо-желтый. Порошок ржаво-бурый, охристо-желтый.

Порошка не дает

Гранат (группа). Правильные кристаллы, представляющие собой изометричные многогранники. Блеск стеклянный. Излом неровный, чаще раковистый. Тяжёлые.

Полевой шпат (микроклин, ортоклаз). Блеск стеклянный. Цвет белый, светло-серый, желтый, розовый, мясо-красный. При раскалывании дает в двух направлениях ровные, как бы полированные, блестящие поверхности скола, а в третьем направлении неровную матовую поверхность излома (отличие от кварца и нефелина).

Нефелин, или масляный камень. Блеск жирный. Цвет серовато-белый с желтоватым, буроватым, красноватым оттенком. Сплошная плотная масса. Излом во всех направлениях неровный (отличие от полевого шпата).

Полевой шпат (микроклин, ортоклаз). Блеск стеклянный. Цвет белый, светло-серый. При раскалывании дает в двух направлениях ровные, как бы полированные, блестящие поверхности скола, а в третьем направлении неровную матовую поверхность излома (отличие от кварца).

Цвет зеленый

Амазонит, или амазонский камень. Блеск стеклянный. Цвет светло-зеленый, травяно-зеленый. При раскалывании дает в двух направлениях ровные, как бы полированные, блестящие поверхности скола, а в третьем направлении неровную матовую поверхность излома.

Гранат (группа). Правильные кристаллы, представляющие собой изометричные многогранники. Блеск стеклянный. Излом неровный, чаще раковистый. Тяжёлые.

Цвет голубой, синий, фиолетовый

Дистен (кианит). Кристаллы вытянутые уплощенные досковидные и их радиально-лучистые сростки. Цвет голубой (до белого), синий, серый до черного, реже зеленый, бурый, желтый. Твердость неодинаковая в двух различных направлениях вдоль кристалла – средняя, поперек – твёрдая. Блеск стеклянный, перламутровый.

Лазурит. Цвет интенсивный лазурно- или васильково-синий, реже нежно-голубой, зеленовато- или фиолетово-синий. Непрозрачный.

Цвет темно-серый, черный

Дает порошок

Авгит. Цвет чёрный. Сплошная масса, состоящая из зёрен коротко-призматической формы. Угол между плоскостями призматической спайности 87–88°.

Гематит (красный железняк). Цвет железно-черный. Тяжелый. Излом во всех направлениях неровный. Порошок вишнево-красный (как у спелой вишни).

Ильменит (титанистый железняк). Цвет железно-черный. Тяжелый. Спайность несовершенная в одном направлении. Излом во всех направлениях неровный, ступенчатый. Слабомагнитен.

Лимонит (бурый железняк). Цвет железно-черный. Местами ржаво-бурый, охристо-желтый. Порошок ржаво-бурый, охристо-желтый.

Магнетит (магнитный железняк). Цвет железно-черный. Тяжелый. Излом во всех направлениях неровный, зернистый. Магнитен.

Роговая обманка. Цвет чёрный, зеленовато-черный. Сплошная масса, состоящая из зёрен длиннопризматической и игольчатой формы. Угол между плоскостями призматической спайности 124°.

Хромит (хромистый железняк). Цвет железно-черный. Порошок бурый (отличие от магнетита).

Порошка не дает

Гранат (группа). Правильные кристаллы, представляющие собой изометричные многогранники. Блеск стеклянный. Излом неровный, чаще раковистый. Тяжёлые.

Лабрадор. Блеск стеклянный. Цвет темно-серый, зеленовато-серый. Характерен синий отлив на плоскостях спайности.

Кварц. Блеск стеклянный. Цвет серый (раухтопаз), черный (морион), фиолетовый (аметист). Прозрачный. Имеет вид шестигранных призматических кристаллов, увенчанных пирамидкой, или сплошной массы с раковистым изломом.

ОПИСАНИЕ МИНЕРАЛОВ

Класс самородные элементы

МЕТАЛЛЫ

ЗОЛОТО, Au. Почти не встречается без примесей Ag или Cu. Название происходит от древнеславянского «сол» – «солнце». В связи с тем, что самородное золото содержит примеси других металлов, введено понятие «проба золота», которое означает содержание золота в 1 000 единицах по массе и в процентах для изделий из золота. Разновидностью является *электрум* – золото, содержащее более 20 % серебра (обычно 30, 40 до 50 %) [33]. Золото было одним из первых металлов, который стал известен человеку. Первое добытое золото было россыпное. Его получали при промывке золотосодержащих песков в долине Нила. История развития золотодобывающей промышленности в России относится предположительно к VI в. до н.э. Коренные месторождения золота в России были открыты в 1745г. на Урале раскольников Ерофеем Марковым. Данное открытие послужило основой для возникновения русской золотопромышленности – Березовских золотых промыслов. Впоследствии россыпные и коренные месторождения золота были выявлены на Енисее, Лене, Алдане, Колыме и в бассейнах других крупных рек Сибири [8]. Россыпями называются такие рыхлые породы, которые обогащены полезным минералом и его содержание достаточно для экономически выгодной добычи [13]. Россыпи могут иметь различное происхождение. Но всегда концентрация полезного минерала в россыпях является следствием сортировки минералов по удельному весу. Блеск металлический. Твердость 2,5–3. Цвет минерала и черты меняются от содержания Ag от золотисто-желтого до серебристо-белого. Чем больше примесь серебра, тем золото светлее, от примеси Cu золото приобретает красноватый оттенок. Спайность отсутствует. Излом крючковатый. Удельный вес зависит от примесей: чистое золото – 19,3 г/см³, электрум – 12,5–16 г/см³. Кларк золота равен 4,5 · 10⁻⁷ % [8]. Форма выделения: самородки, вкрапленность в виде зерен и чешуек в кварце, нитевидные агрегаты. В россыпях самородки иногда достигают десятки килограмм. В форме каемок и пленок встречается переложное золото. Прочие свойства: очень ковкое и тягучее: из 1 г золота можно растянуть проволоку до 3 км или раскатать пластинку в 27 м², химически устойчиво: в кислотах не растворяется кроме царской водки (смесь HCl и HNO₃) [33]. Благодаря химической стойкости накапливается в россы-

пях. Золото не изменяется под действием атмосферных агентов и не окисляется. Электрум в зоне окисления покрывается темными корочками и плёнками галогенидов или сульфидов серебра, иногда плёнками самородного серебра. Месторождения золота генетически связаны с кислыми интрузиями [8]. Наиболее характерным для него является гидротермальное происхождение в кварцевых жилах, реже гипергенное (рис. 34).

Спутниками золота являются пирит, арсенопирит, блеклые руды, халькопирит, висмутин. В зонах окисления рудных месторождений иногда обнаруживается остаточное и переотложенное вторичное золото, высвобождающееся при разрушении пирита, арсенопирита и других сульфидов.

Наиболее благоприятной для формирования крупных и уникальных коренных месторождений золота явилась докембрийская эпоха. Кайнозойская эпоха была исключительно оптимальной для формирования золотоносных россыпей, которые сопутствуют коренным месторождениям всех эпох рудообразования [8]. Наибольшую промышленную ценность представляют аллювиальные россыпи. В россыпях золото находится в округлых или сплюснутых зернах и самородках. Наиболее крупные самородки весом 74,6 кг, 70,8 кг и 69,7 кг найдены в Австралии [33]. Наибольший из сохранившихся самородков весом 36,2 кг («Большой треугольник») найден в середине XIX века в Миасском районе Челябинской области.

Диагностика: в мелких выделениях по цвету и блеску можно спутать с пиритом. *Отличие:* по удельному весу, твердости, цвету черты, на воздухе не окисляется.

Практическое значение: металлическое полезное ископаемое. Золото является главным валютным металлом. Широко применяется в ювелирном деле в качестве самостоятельного украшения (в виде различных сплавов с медью, серебром, никелем, палладием и др.), в совокупности с самоцветами; в некоторых приборах и реактивах; в медицине.

Важнейшим промышленным минералом золотых месторождений является самородное золото. Содержание золота должно быть не менее 4–5 г/т для коренных месторождений и не менее 0,1 г/т для россыпных [33]. Коренные месторождения золота известны на Среднем Урале (Березовское), Юж. Урале (Кочкарское, Джетыгара), в Казахстане (Степняк), в Кузнецком Алатау (рудники Коммунар, Центральный и др.), в Восточной Сибири (Дарасунское, Тасеевское, Балейское), на Алдане и Колыме [8].

Россыпные месторождения распространены в Миасском районе Че-

лябинской области, Алтае, в Саянах и в Енисейской тайге, в Иркутской области по реке Витим (Ленские прииски), по Алдану, Амуру и Колыме [8].

Из зарубежных наиболее крупным является месторождение Витватерсранд в Трансваале (ЮАР) протерозойского возраста (2,2–1,8 млрд лет) [8]. Это крупнейшее из месторождений связано с древними конгломератами, давало около 40–50 % мировой добычи золота [8]. Разработки протягиваются на 95 км, глубина достигает 2 км. В 1953 г. там было добыто 360 тонн золота, т.е. примерно 1 тонна в день [33]. Вторым крупным золотоносным зарубежным районом является Австралия (месторождения Бендиго, Балларт и др.). Крупные месторождения известны в Индии (Колар), в Канаде и в Гане. Месторождения Аляски и Калифорнии к настоящему времени выработаны [8].

ПЛАТИНА, Pt. Блеск металлический. Твердость средняя. Цвет серебристо-белый, стально-серый. Черта серебристо-белая, металлически блестящая. Тяжелая. Удельный вес 21,45 г/см³. Сингония кубическая. Спайность отсутствует. Кристаллы исключительно редки. Встречается в виде мелкой вкрапленности в ультраосновных и основных горных породах, крупных самородков в россыпях. Ковкая и тягучая. Из платины можно вытянуть проволоку диаметром до 0,015 мм и выковать листы толщиной 0,0025 мм. Химически устойчива, растворяется только в нагретой царской водке [33; 35].

Диагностика: постоянный металлический блеск, средняя твердость. В отличие от самородного серебра растворяется только в подогретой царской водке, имеет более высокий удельный вес. От молибденита и антимонита отличается более высокой твердостью, от галенита – отсутствием спайности.

Происхождение: магматическое, образуется при кристаллизации магмы ультраосновного и основного состава.

Месторождения самородной платины приурочены к Уральскому хребту.

Руды платины на Урале разрабатываются с 1819 г. [8]. Рудная полоса на Северном Урале приурочена к дунитам и протягивается по восточному склону Уральского хребта на 600 км – от Северной Сосьвы до верховьев реки Тагила [8]. Имеются коренные и россыпные месторождения. Коренные месторождения платины в настоящее время практически исчерпаны. Промышленное значение имеют россыпи, которые образовались в результате выветривания коренных ультраосновных пород. В россыпях платина размером от 0,5–1 до 19 мм. В 1843 г. в россыпях на Урале был найден крупный самородок платины весом 9,44 кг [8].

Применение: в электронике, ядерной технике, ракетостроении, электротехнике, медицине, ювелирной, стекольной промышленности и др.

НЕМЕТАЛЛЫ

АЛМАЗ, С (название от греч. «*адамас*» – непобедимый). Каждый атом углерода связан с четырьмя другими тетраэдрически расположенными вокруг него, в связи с чем внутренняя структура его очень прочная [35]. Сингония кубическая, облик кристаллов октаэдрический, ребра кристаллов закруглены. Цвет различный: большинство якутских алмазов бесцветные («чистой воды»), слабо-дымчатые, редко зеленовато-желтые, чернильно-фиолетовые, очень редко светлые аквамариновые, бутылочно-зеленые, лилово- и коричнево-вишневые. Уральские алмазы в основном бесцветные. Часто минерал окрашен в различные оттенки желтого, серого и бурого цветов, реже зеленого (дрезденский алмаз), красного и синего (флорентийский алмаз) и весьма редко черного (савойский алмаз) [19]. Блеск сильный алмазный. Спайность ясная по октаэдру. Твердость 10 по шкале Мооса. Хрупкий. Удельный вес 3,5 г/см³. Характерно очень сильное светопреломление [35].

Диагностика: высокая твердость, сильный алмазный блеск, изометричная, часто кривогранная форма кристаллов.

Происхождение: существенные изменения в представлении о генезисе алмаза появились, когда микроалмазы были обнаружены в космической пыли [10]. Возраст их датируется как досолнечный – более 5 миллиардов лет [10]. Современные результаты изучения состава, структурных особенностей и свойств алмазов совместно с детальной характеристикой вмещающих горных пород, позволили ученым установить три основных генетических типа алмазов:

- 1) алмазы космического происхождения, а также те, что образовались при соударении внеземных объектов с Землей (импактные);
- 2) метаморфических горных пород;
- 3) в кимберлитах и лампроита [10].

Кимберлитовые трубки – основной тип коренных месторождений. Кимберлиты – продукт платформенного магматизма, представляют собой обычно серпентинизированную и карбонитизированную ультраосновную породу с повышенным содержанием щелочей, глинозема и титана, имеющую порфиоровую либо порфировидную структуру с вкрапленниками

оливина, серпентина, талька, магнетита, ильменита, апатита и др. [12]. Обычно формируют трубки взрыва. Типоморфные акцессорные минералы кимберлитов включают пироп, хромдиопсид, алмазы и др. Не все кимберлитовые трубки являются алмазоносными. Очень богатые трубки содержат 3–4 карата алмазов на 1 тонну кимберлита [19]. Содержание алмазов в трубке с глубиной снижается. Все крупные промышленные месторождения алмазов связаны только с кимберлитовыми и лампроитовыми породами. Остальные генетические типы месторождений алмаза можно отнести к потенциальным ресурсам, т.е. ресурсам будущего, хозяйственное освоение которых станет возможным только в условиях качественно нового научно-технического этапа развития технологий [10].

Применение: ювелирный алмаз – самый дорогой камень. Чистые или равномерно окрашенные прозрачные алмазы являются драгоценным камнем первого класса. Безупречными считают те алмазы, у которых даже под $10\times$ лупой нельзя обнаружить дефекты. Однако и самые чистые кристаллы имеют различные включения и примеси, от которых зависит поглощение лучей в том или ином участке спектра, что влияет на цветовые эффекты алмаза. Ограненные алмазы называются бриллиантами. В общей массе алмазного сырья свыше 75 % приходится на долю технических алмазов [19]. К техническим относятся:

- *борт* – тонкокристаллический зернистый, серый до черного, образует лучистые, шарообразные агрегаты и неправильные сростки;
- *карбонадо* – черный плотный алмаз, дающий мелкопористые агрегаты;
- *баллас* – шарообразные мелкозернистые агрегаты с более твердой, чем ядро, оболочкой;
- *конго* – наиболее низкосортные мелкие алмазы, пригодные лишь в качестве абразивного материала [19].

Примерно 15 % всех технических алмазов идет на алмазное бурение (алмазы вставляются в буровые коронки). Также используются в качестве резцов и сверл (фасонные алмазы) и других целей. Наиболее низкосортные алмазы широко применяются как абразивный (истирающий) материал [19]. Цена алмаза зависит от веса, прозрачности и чистоты. Для взвешивания алмазов и других драгоценных камней первого класса употребляется особый разновес, называемый *каратным*. Вес одного карата 0,2 г. Алмазы весом более 100 карат встречаются редко и известны по именам. Например, «Орлов» – 194,8 карата,

«Шах» – 88,7 карата, привезены из Индии, «Юбилейный» – 32,56 карата (кимберлитовая трубка «Мир»), «Валентина Терешкова» – 55,6 карата. «Скромный» – 54,40 карата и др. [19; 33]. Среди самых крупных алмазов всего мира на двадцать девятом месте значится алмаз «Звезда Якутии» весом 232,1 карата. Найден в 1979 г. в Якутии. Мелкие и непрозрачные алмазы употребляются при бурении твердых горных пород, в абразивной и камнеобрабатывающей промышленности.

Месторождения: в настоящее время Россия – одна из ведущих алмазодобывающих стран мира. Она входит в первую тройку по объемам добычи и запасам сырья, которые сосредоточены не только в Сибири, но и в Европейской части страны [19]. В России выделяют две алмазоносные провинции: Сибирскую (Якутскую) и Архангельскую. Коренные месторождения в России связаны с кимберлитовой формацией Сибирской алмазоносной провинции, открытой в 1954–1955 гг. в Якутии (кимберлитовые трубки «Айхал», «Зарница», «Мир», «Удачная») (рис. 35).

Первый алмаз в Сибири был найден на реке Мельничной недалеко от города Енисейска в ноябре 1897 г. [10]. Масса его составляла 2/3 карата. Следующая находка была сделана в 1949 г. в бассейне реки Вилюй, а в августе 1954 г. ленинградский геолог Лариса Попугаева открыла *первое месторождение коренных алмазов в СССР* – трубку «Зарница» [10]. Через год отряд Амакинской экспедиции Ю.И. Хабардина обнаружил кимберлитовую трубку «Мир», а группа геологов под руководством В.Н. Щукина – трубку «Удачная» [10]. Именем Ларисы Попугаевой назван алмаз весом в 29,4 карата.

В настоящее время активно разрабатывается Архангельская алмазоносная провинция.

Алмазоносные кимберлитовые трубки известны в Южной Африке (Премьер, Кимберли и др.), Заире, Сьерра-Леоне, Бразилии, Индии, Китае, Венесуэле, Канаде и др. странах [19].

Высокая стойкость алмазов к химическим и физическим агентам позволяет минералу накапливаться в продуктах выветривания кимберлитов и образовывать россыпи различных генетических типов: элювиальные, делювиальные, аллювиальные и морские. Среди россыпных месторождений алмазов главнейшими по промышленной значимости являются современные аллювиальные и морские. Классическими районами современных аллюви-

альных россыпей являются Иреляхская на Сибирской платформе в России [19]. Россыпные месторождения алмазов известны на Урале (Свердловская область и Пермский край), где первые алмазы были найдены 4 июля 1829 г. в Адольфовом Логе Крестовоздвиженских золотых приисков, расположенных вблизи Бисертского завода в Пермской губернии [10]. Владелец прииска граф Полье оставил описание данного события: «Алмаз был найден 14-летним крепостным мальчиком из деревни, Павлом Поповым, который, имея в виду вознаграждение за открытие любопытных камней, пожелал принести находку смотрителю». За полукаратный алмаз мальчик получил вольную. Был отдан строгий приказ всем работникам прииска усиленно искать «прозрачные камешки». Вскоре в сейфе, где хранились намытое золото и первый найденный алмаз, появились ещё два искрящихся кристалла [10]. В то же время по Уралу проезжал знаменитый немецкий естествоиспытатель Александр фон Гумбольдт. Управляющий прииска попросил его доставить в Петербург и передать императрице изящную малахитовую шкатулку, к которой находился один из трёх первых алмазов России [10].

Масштабные поиски алмазов на Западном склоне Среднего Урала начались в 1937 г. В итоге были обнаружены алмазные россыпи на обширных территориях, но они оказались бедными по общему содержанию алмаза, хотя с большим количеством ювелирных кристаллов. Большинство россыпей алмазов Урала к настоящему времени полностью отработаны. Эксплуатируются лишь несколько месторождений Красновишерского района.

К классическому типу современных аллювиальных россыпей относится Касаи-Лунда (верхнее и среднее течение реки Касаи и ее притоки на территории Заира и Анголы), Зап. Африка (Сьерра-Леоне, Гана, Гвинея, Мали, Либерия и др.), штаты Минас-Жераис (близ Диамантины), река Ориноко и ее приток в Венесуэлле. Выдающимися мировыми представителями морских россыпей являются образования атлантического побережья Южной Африки на территории ЮАР и Намибии [19].

Наиболее крупное и известное в мире месторождение *импактных алмазов* – древняя Попигайская кольцевая структура в Восточной Сибири, в 900 км восточнее Норильска [10]. Представляет собой кратер диаметром 100 км, образование которого связано с падением крупного метеорита. В результате удара и последующего мощного взрыва образовалось гигантское месторождение алмазов, самое большое в мире по потенциальным запасам [10]. Месторождение

рождение было открыто геологом В.А. Масайтисом в начале 1970-х гг. В настоящее время является достаточно хорошо изученным. По предварительным оценкам, общий объем алмазов в Попигайском месторождении превышает запасы всех суммированных кимберлитовых месторождений мира [10]. По составу и свойствам импактные алмазы резко отличаются от алмазов из других горных пород. Попигайские алмазы обладают повышенной твердостью и очень мелкими размерами. Попытка использовать импактный алмаз в качестве абразивного материала показала полную непригодность его для этой цели, т.к. кристаллы легко раскалываются на осколки в виде иголок и в отличие от кимберлитовых алмазов не полируют, а режут и царапают материал [10]. Также импактные алмазы из-за мелких размеров не представляют интереса для ювелирной промышленности. Попигайское месторождение в настоящее время имеет большое научное значение как объект генетического типа [10].

Алмазы в *метаморфических породах* месторождения Кумды-Коль (Кокчетавская область, Казахстан) были открыты в начале 1980-х гг. [10]. В настоящее время месторождение детально изучено, согласно подсчётам запасы составляют 6 миллиардов карат [10]. Среднее содержание алмаза 23–24 карата на тонну, что примерно в 10 раз больше, чем в промышленных кимберлитовых трубках [10]. Кристаллы очень мелкие. Кристаллы алмаза здесь впервые обнаружены не только между зёрнами минералов вмещающих пород, но и внутри кристаллов граната. Алмаз находится в тесной ассоциации с графитом. Большинство исследователей полагает, что алмазы такого типа возникли при погружении материала океанической коры в процессе субдукции на глубины мантии до 150 км [10]. По сравнению с кимберлитовыми и особенно попигайскими импактными алмазами алмазы из месторождения Кумды-Коль обладают пониженной твёрдостью. Из-за структурных особенностей кристаллы алмазов метаморфических пород также раскалываются на иголки, что не позволяет их использовать в качестве абразивного материала. В связи с чем крупнейшее месторождение Кумды-Коль в Казахстане по настоящее время не разрабатывается [10].

ГРАФИТ, С (от греч. «*графо*» – пишу). В отличие от алмаза графит представляет гексагональную модификацию углерода [35]. Упаковка атомов углерода в графите менее плотная, чем в алмазе. Атомы углерода лежат листами, образуя плоские гексагональные сетки. Менее плотная упаковка

атомов в графите приводит к уменьшению удельного веса по сравнению с алмазом, а значительные промежутки между плоскими сетками определяют совершенную спайность. Удельный вес графита 2,2 г/см³. Твердость 1. Цвет железо-черный до стально-серого. Черта черная блестящая. Блеск металлоидный, у скрытокристаллических разновидностей матовый. Спайность весьма совершенная, параллельно уплощению пластинок. Жирный на ощупь. Пачкает руки, пишет на бумаге. Хороший проводник электричества. Огнеупорен и кислотоупорен. Агрегаты графита плотные, чешуйчатые, землистые, сферические. От похожего на него молибденита отличается по черте: графит дает черную черту на бумаге, молибденит – голубоватую, графит растирается пальцами в черную сажистую пыль, молибденит при растирании образует светло-серый блестящий порошок. Известные крупные месторождения графита образовались в результате контактного и регионального метаморфизма осадочных отложений органогенного происхождения (каменных углей) [35]. В отдельных случаях графит образовался в результате непосредственной кристаллизации из магм, богатых углеродом, или восстановления известняков, захваченных магматическими растворами [35].

Графит является важным стратегическим сырьем. Из графита получают искусственный алмаз. Применяется для изготовления графитовых блоков «атомных котлов» и изготовления космической техники. Очень широко используется в металлургической промышленности для изготовления огнеупорных тиглей и для покрытия литейных форм, в электропромышленности для производства электродов. Используется как смазочное вещество, а также при производстве карандашей, черных красок, копировальной бумаги.

На территории России и СНГ имеется несколько графитоносных провинций: Уральская – Тайгинское месторождение графита в Челябинской области, крупнейшее в регионе, расположено в 12 км к югу от города Кыштыма. Представляет собой пластовые залежи и линзы метаморфических вкрапленных руд чешуйчатого графита в глубокометаморфизованных породах преимущественно докембрийского возраста, включая их выветренные разновидности [19]. Разрабатывается открытым (карьерным) способом (рис. 36).

Первооткрывателем Тайгинского месторождения графита является Зоя Ивановна Кравцова, под руководством которой геологоразведочной партией в 1939–1941 гг. были проведены работы по разведке и подсчету запасов графито-

вых руд [48]. В советское время нашу страну обеспечивало графитом Завальевское месторождение Украины. В 1941 г. в связи с оккупацией немецкими войсками Украины и находящейся на ее территории Завальевской графитовой фабрики Совет народных комиссаров СССР распоряжением № 6389 от 4 июля 1941 г. обязал наркомат промышленности стройматериалов СССР немедленно приступить к строительству Тайгинского графитового комбината. В мае 1942 г. в Челябинской области начали добывать графитовую руду. На Тайгинскую фабрику было эвакуировано оборудование украинской фабрики, благодаря которому 27 июня 1942 г. Тайгинская обогатительная фабрика выпустила первую тонну уральского серебристо-кристаллического графита. В годы Великой Отечественной войны комбинат был единственным предприятием, давшим стране тысячи тонн ценной продукции [48].

Крупнейшая в мире Тунгусская графитоносная провинция приурочена к западной окраине одноименного бассейна каменного угля. Здесь на большой площади (около 48 тыс. км²) установлено 15 промышленных объектов, наиболее значимыми из которых являются Курейское и Ногинское в низовьях Енисея [19].

Восточно-Саянская графитоносная провинция – Ботогольское месторождение кристаллического графита. Ботогольское месторождение разрабатывалось с середины XIX века более 100 лет [19].

Уссурийская графитоносная провинция – более 100 месторождений графита (Бироканское, Берское, Тамгинское, Турековское и др.) [19].

Украинская графитоносная провинция – Завальевское и Ждановское месторождение чешуйчатого графита. Завальевское месторождение, расположенное на левом берегу реки Южный Буг в 12,5 км от ж/д станции Хоцеватово в Кировоградской области [19].

СЕРА, S. Сингония ромбическая. Кристаллы имеют дипирамидальный облик (дипирамиды усечены) и образуют красивые друзы. Кристаллы просвечивают. Часто встречается в сплошных массах и натечных формах. Цвет лимонно-желтый до бурого, иногда серый до черного от включения битумов. Черта светло-желтая. Блеск на гранях стеклянный, в изломе жирный, смолистый. Спайность несовершенная по трем направлениям. Излом неровный до раковистого. Твердость 1,5–2. Очень хрупкая. Удельный вес 2,07 г/см³. Легко плавится, загорается от спички и горит синим пламенем с выделением резкого сернистого

газа (SO₂).

Образуется из сульфатов при разложении гипсоносных толщ, в зоне окисления сульфидов, в результате возгона при вулканической деятельности (порошковые налеты, корки, натечные образования), биохимическое, отчасти образуется благодаря жизнедеятельности серных бактерий [33; 35].

Применяется в химической промышленности для получения серной кислоты, для производства красок, в резиновой промышленности, для производства взрывчатых веществ, пороха, спичек, средств борьбы с вредителями сельского хозяйства.

Месторождения: осадочные – в Средней Азии (в пустыне Каракумы, в Ферганской долине), в Поволжье, вулканические – на острове Кунашир (Курильские острова), в Челябинской области – в зоне окисления сульфидов, за рубежом – остров Сицилия (Италия), США [19].

Класс галоидные соединения (галоиды)

ФЛЮОРИТ, CaF₂ (плавиковый шпат). Название происходит от слова «*флюор*» – течь, т.к. минерал легко плавится и используется как плавень (флюс). Сингония кубическая. Кристаллы имеют вид кубиков, нередко образуют красивые друзы, также минерал может иметь сплошной, жилковатый, натечный вид. Цвет большей частью фиолетовый, зеленый и белый. Один и тот же образец в разных частях может быть различно окрашен, т.е. бывает *полихромным*. Спайность совершенная по октаэдру. Блеск стеклянный. Твердость 4. Удельный вес 3,18 г/см³. *Другие признаки:* в катодных лучах флюорит светится фиолетовым цветом (флюоресценция). Некоторые разности светятся от нагревания (термолюминесценция). Растворимость в воде незначительная, возрастает при повышении температуры.

Происхождение гидротермальное, промышленные месторождения обычно низкотемпературные, реже – пневматолитовые в грейзенах. Осадочное (*ратовкит* – землистый, бледно-фиолетовый, нечистый флюорит). Спутниками флюорита в кварцевых жилах являются барит, кальцит, сульфиды; в грейзенах – мусковит, топаз, турмалин, вольфрамит и касситерит [33; 35].

Диагностика: по характерным формам кристаллов, своеобразному тусклому стеклянному блеску, полихромной окраске, средней твердости

(легко царапается иглой или ножом).

Применение: основная масса флюорита применяется как флюс в цветной металлургии при производстве алюминия (флюс – минеральная добавка, которая используется в металлургии при выплавке стали, понижает температуру плавления, способствует отхождению шлаков и тем самым улучшает качество стали), оптический флюорит – ценное оптическое сырье, сырье для получения фтора и фтористых соединений, в керамике при изготовлении эмалей и глазурей, поделочный камень [13; 35].

Месторождения: в Восточном Забайкалье (м-ие Солнечное, Калангуй, Абагайтун, в Средней Азии (м-ие Хайдаркан), в Архангельской области (м-ие Амдерма) [19].

ГАЛИТ (каменная соль) NaCl. Сингония кубическая. Кристаллы в виде кубов, обычно образуют сплошные, плотные, зернистые массы, реже корочки, налеты, выцветы. Цвет белый, серый, часто бесцветный, прозрачный или просвечивает. Черта бесцветная или белая. Блеск стеклянный. Спайность совершенная по кубу. Твердость и удельный вес около 2. Минерал легко растворим в воде. Обладает сильно соленым вкусом. *Разновидности:* каменная соль (образовалась в прежние геологические периоды в виде пластов и штоков в горных породах) и самосадочная соль, образуется в настоящее время на дне водных бассейнов [33; 35].

Происхождение: осадочное, в замкнутых соленых озерах и мелководных заливах в условиях жаркого и сухого климата.

Галит – важнейший пищевой продукт. Используется в химической промышленности для получения перекиси натрия, соды, металлического натрия, едкого натра и других соединений натрия, соляной кислоты и других соединений хлора.

Месторождения каменной соли: крупнейшее в мире Соликамское (Пермский край) и Артемовское (Донбасс, Украина), Соль-Илецкое (Оренбургская область), Усолье-Сибирское (Иркутская область) Бахмутское (Донбасс, Украина).

Месторождения самосадочной соли: озеро Баскунчак и Эльтон (Нижнее Поволжье), Сиваш (Крым) и др. [19; 33; 35].

СИЛЬВИН, KCl (назван по имени французского химика Сильвия де ла Баш). Сингония кубическая. Кристаллы в виде кубов, обычно образуют сплошные, плотные, зернистые массы. Цвет в чистом виде бесцветный и водяно-прозрачный. Иногда цвет сильвина красноватый или голубоватый от механиче-

ских примесей. Черта бесцветная или белая. Блеск стеклянный. Спайность совершенная по кубу. Твердость и удельный вес около 2. Минерал легко растворим в воде. Обладает жгучим горько-соленым вкусом. Сильвин окрашивает пламя в фиолетовый цвет (присутствие К), чем отличается от галита и других солей [33; 35].

Происхождение: осадочное, в замкнутых соленых озерах и мелководных заливах в условиях жаркого и сухого климата. Сильвин – сырье для калийных удобрений. В меньшей степени используется для получения калия и его соединений, применяемых в медицине, парфюмерии, пиротехнике, в кожевенной промышленности, стекольном, оптическом и др. производствах.

Месторождения: Соликамское (35 км к северу от Перми), Калуш (Западная Украина), Сагиз (Западный Казахстан), Окуз-Булакское (Средняя Азия) [19; 33; 35].

Класс карбонаты

АЗУРИТ $\text{Cu}_2[\text{CO}_3]_2(\text{OH})_2$ или $2\text{CuOCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2$. Содержит 69,2 % CuO . Название от франц. «*azure*» – лазурный, голубой [35]. Синоним – *медная лазурь, медная синь* (землистая разность). Кристаллы размером не более 1 см, таблитчатые или столбчато-призматические (рис. 37).

Чаще агрегаты и землистые выделения. Цвет лазурно-синий, тёмно-синий, в землистых разностях светло-голубой или тёмно-голубой. Черта синяя до голубой. Блеск стеклянный, алмазный, у землистых разностей матовый. Прозрачный или полупрозрачный. Спайность несовершенная по призме. Излом раковистый. Твёрдость 3,5–4. Хрупкий. Удельный вес 3,7–3,9 г/см³. Легко вскипает с 10%-ной HCl .

Диагностика: по цвету, ассоциации с малахитом, реакции с 10%-ной HCl .

Происхождение: гипергенное (в зонах окисления медных месторождений).

Крупных скоплений не образует, поэтому самостоятельного значения как медная руда не имеет. Очень часто замещается малахитом. В металлургии используется для получения меди совместно с другими её кислородными соединениями. Чистый азурит применяется для изготовления синей краски. Встречается в разных количествах почти на всех месторождениях меди [33; 35].

ДОЛОМИТ, $\text{CaMg}[\text{CO}_3]_2$. Блеск стеклянный, перламутровый. Цвет белый, желтый, зеленоватый, серый, черный. Черта белая. Твердость 3,5–4.

Удельный вес 2,9 г/см³. Спайность совершенная по ромбоэдру. С 10%-ной HCl реагирует слабо в порошке.

Диагностика: доломит похож на кальцит. Отличие: по характеру реакции с 10%-ной HCl.

Происхождение гидротермальное, метасоматическое, метаморфическое, поверхностное – в результате разложения органических веществ.

Породообразующий минерал и ценное полезное ископаемое. *Применяется* как огнеупорный материал в металлургической промышленности, в качестве флюса при плавке руд железа в черной металлургии, в цементной промышленности, как строительный материал, как удобрение в сельском хозяйстве.

Месторождения: Липецкая область, западный и восточный склон Урала, Белоруссия, Среднее Поволжье [19; 33; 35].

КАЛЬЦИТ, Ca[CO₃]. Кристаллы вытянутые ромбоэдрические, таблитчатые или пластинчатые. В горных породах обычны кристаллически-зернистые образования. Часто встречается в виде натечных образований: сталактитов и сталагмитов. Блеск стеклянный, перламутровый. Собственный цвет кальцита белый. Но в зависимости от механических примесей может быть различного цвета: желтоватым, зеленоватым, розовым, голубым, до черного. Черта белая. Сингония тригональная. Спайность совершенная по ромбоэдру. Твердость 3. Удельный вес 2,7 г/см³. Бурно реагирует с разбавленной соляной кислотой. *Разновидности:* совершенно прозрачная разновидности кальцита, обладающая двойным лучепреломлением, получила название *исландский шпат* или *оптический кальцит*. Разновидностью кальцита также является жемчуг.

«Живой бриллиант» – жемчуг имеет нежно-розовый цвет, белый, желтоватый, золотистый, бронзовый, зеленоватый, голубоватый, темно-серый, иссиня-черный. Блеск перламутровый. Размеры жемчуга от макового зерна до голубинового яйца, редко более. Жемчуг называют «слезами моря» [37]. Этническая группа населения Южной Японии ама специализируется на ловле глубоководных жемчужных раковин. Специальность ныряльщика преимущественно женская. На месте этих промыслов возникли крупные предприятия по искусственному разведению жемчуга. Для этого используют плоты, к которым снизу на дно привязывают корзины с раковинами – жемчужницами (рис. 38).

Диагностика: по спайности, по взаимодействию с 10%-ной HCl. Кальцит можно спутать с доломитом. Отличие: по характеру реакции с 10%-ной HCl.

Происхождение: вулканическое, гидротермально-метасоматическое, органогенное. Кальцит является породообразующим минералом и ценным полезным ископаемым.

Применяется в оптике, в ювелирном деле, в медицине и сельском хозяйстве.

Месторождения: исландский шпат добывают на Нижней Тунгуске (из трапшов), в Средней Азии (Зеравшанский и Гиссарский хребты). Естественный жемчуг добывают в Персидском заливе, Красном море, Мексиканском заливе, у берегов Японии и др., омываемых теплыми водами [19; 35].

МАГНЕЗИТ, $MgCO_3$. Назван по Магнезии – области в Фессалии (Греция) [35]. Блеск у зернистых разновидностей стеклянный, плотные разновидности матовые. Цвет у зернистых разновидностей смешанный серо-белый, из-за гидроксидов железа может приобретать желтоватый оттенок, у плотных разновидностей – белый, кремовый, желтоватый, бурый, серый. Черта белая. У зернистых разновидностей спайность совершенная по ромбоэдру, у плотных – неровный излом. Твердость 4–4,5. Удельный вес 3 г/см³. С 10%-ной HCl реагирует только при нагревании в порошке.

Диагностика: вытянутая форма кристаллов, стеклянный блеск, смешанный серо-белый цвет – напоминает морозный рисунок на стекле или на поверхности первых весенних луж (рис. 38).

Плотные разновидности обладают характерным фарфоровидным обликом (рис. 39).

Происхождение:

1. Гидротермальное метасоматическое: путем замещения кальция известняков и доломитов магнезией горячих магнезиальных растворов, идущих из магматического очага. В данном случае магнезит имеет зернистое строение.

2. В результате метаморфизма ультраосновных горных пород углекислыми гидротермами (процесс серпентинизации). Магнезит представлен аморфными разновидностями.

3. Магнезит поверхностного происхождения образуется в результате химического выветривания серпентинизированных ультраосновных горных пород [19].

Применение: магнезит используется в металлургии, при производстве портландцемента, для изготовления огнеупорных кирпичей и др. Из магнезита получают магнезий и его соединения [37].

Месторождение: крупнейшим в мире является Савинское месторождение (Иркутская область), Саткинское и Халиловское месторождение магнезита на Урале. Многочисленные месторождения имеются на Дальнем Востоке [19].

МАЛАХИТ $\text{Cu}_2[\text{CO}_3](\text{OH})_2$ или $\text{CuCO}_3\text{Cu}(\text{OH})_2$. Синоним «медная зелень». Содержит 71,9 CuO. Название от греч. «*мальва*», по сходству с цветом ее листьев [35]. Блеск стеклянный до алмазовидного у кристаллов, для волокнистых и игольчатых разновидностей – шелковистый, матовый. Твердость 3,5–4. Цвет ярко-зеленый, голубовато-зеленый, у кристаллов переходит в темно-зеленый и черновато-зеленый. Цвет черт бледно-зеленый. Спайность в двух направлениях (под острым углом) совершенная, в третьем – средняя. Излом неровный. Удельный вес 3,6 г/см³ (сплошные волокнистые массы), 4,1 г/см³ (кристаллы). *Прочие свойства:* растворяется в 10%-ной HCl легко, с шипением. На поверхности устойчив, очень часто замещается азуриком и купритом. Часто образует псевдоморфозы по куприту, азурику, халькопириту, сфалериту, пириту и другим минералам. Форма нахождения: корочки, примазки, землистые массы, плотные агрегаты натечной формы радиально-лучистого строения, очень редко коротко- или длиннопризматические до игольчатых кристаллы, радиально-игольчатые розетки, крупные почковидные образования концентрически-зонального строения, сталактиты.

Диагностика: по цвету, натечным формам, реакции с 10%-ной HCl.

Происхождение: гипергенное (в зоне окисления медных сульфидных месторождений и в медистых песчаниках).

Применение: ценный поделочный и декоративный камень. Медная зелень – важный поисковый признак на медь [33; 35].

Месторождения: мировой славой пользовались месторождения Урала, в настоящее полностью выработанные: Медноруднянское вблизи Нижнего Тагила, Гумешевский рудник недалеко от Екатеринбурга. В медистых песчаниках встречается в Пермском крае. В настоящее время на международный рынок поступает малахит из месторождений Заира полосчатой текстуры.

СИДЕРИТ, FeCO_3 . Блеск стеклянный или сидерит матовый. Цвет желтовато-серый, желтовато-бурый, бурый. Черта белая. Иногда буроватая. В кристаллических разновидностях наблюдается совершенная спайность по ромбоэдру. Твердость 3,5–4,5. Удельный вес 4 г/см³. В соляной кислоте разлагается легко, капля HCl на поверхности желтеет. Сплошной зернистый, мраморный.

моревидный, плотный, натечный землистый, шаровидный, радиально-лучистого строения (сидеритовая конкреция). Часто образует незакономерные сростки кристаллов – «сидеритовая роза».

Диагностика: сидерит со стеклянным блеском похож на желтоватый мрамор, отличие – характер реакции с 10%-ной HCl. Матовый сидерит можно спутать с лимонитом. Отличие – по цвету черты.

Происхождение: гидротермальное: железистые растворы глубинного происхождения, встречая на своем пути известняки и доломиты, реагируют с последними, железо вытесняет кальций, что приводит к образованию сидерита; поверхностное осадочное – сидерит образуется в глубоководных участках прибрежной части морских заливов, лагун [33, 35]. Сидерит – железная руда.

Месторождения: крупнейшее на территории СНГ – Бакальское месторождение сидерита (Челябинская область). В Восточной Сибири (Ангаро-Питское). Сидерит также залегает среди бурых железняков в Керченском месторождении [8].

Класс фосфаты

АПАТИТ, $\text{Ca}_5[\text{PO}_4]_3(\text{Cl}, \text{F}, \text{OH})$ (название происходит от греческого слова «*апатао*» – обманываю, т.к. минерал легко принять за берилл, диопсид, турмалин и др.) [35]. Химический состав апатитов является сложным. По существу, это группа минералов, состав которых, благодаря изоморфным замещениям, непостоянен [33; 35]. Образует хорошо огранённые шестигранные призматические, реже столбчатые, кристаллы, часто с вертикальной штриховкой на гранях, также кристаллически-зернистые плотные агрегаты и конкреции. Последние состоят в основном из апатита, кварца, содержат также кальцит, халцедон, доломит, глаукоцит и др. и называются *фосфоритами* [35]. Цвет зеленый (от желто-зеленого до темно-зеленого), голубовато-зелёный, реже синий, желтый и бурый, белый, иногда бесцветный. Черта светлая. Блеск стеклянный на гранях и жирный на поверхности излома. Спайность несовершенная. Излом неровный. Хрупкий. Твердость 5. Удельный вес $3,2 \text{ г/см}^3$. Многие разновидности после нагревания фосфоресцируют [35]. Химически устойчив. Сохраняется в россыпях.

Диагностика: от сходного кварца, турмалина, берилла отличается более низкой твердостью, от других фосфатов – призматическим обликом кристаллов, порошок апатита, смоченный H_2SO_4 , окрашивает пламя в голу-

бовато-зеленый цвет [35].

Происхождение: магматическое, пегматитовое, контактово-метасоматическое, высокотемпературное гидротермальное, также осадочное (фосфориты) [35].

Применение: источник фосфора, основное сырьё для получения фосфорных удобрений. Камень плодородия.

Месторождения: крупнейшее в мире месторождение апатита в Хибинах (Хибиногорское на Кольском полуострове), Слюдянское (Прибайкалье) [35].

Класс сульфаты

БАРИТ, $BaSO_4$ (тяжелый шпат) (от греч. «барос» – вес). Содержит 65,7 % BaO [35]. Цвет: минерал в чистом виде бесцветный водяно-прозрачный, благодаря примесям часто окрашен в серый, голубовато-серый, зеленоватый, желтоватый, мясо-красный или черный цвет. Блеск стеклянный, на плоскостях спайности – перламутровый (рис. 41). Спайность в трех направлениях, параллельно основанию кристалла – совершенная. Твердость 3–3,5. Удельный вес 4,5 г/см³.

Происхождение: эндогенное гидротермальное, экзогенное – в морских осадках и при выветривании некоторых горных пород и сульфидных руд. В условиях поверхности устойчив, часто встречается в россыпях, но из-за низкой твердости и хорошей спайности легко поддается физическому выветриванию. Обладает способностью задерживать рентгеновские лучи [35].

Диагностика: высокий удельный вес, совершенная спайность в одном направлении, отсутствие растворимости в кислотах и щелочах, даже горячих [35].

Важное нерудное сырьё. Применяется в качестве утяжелителя глинистых растворов при бурении скважин на нефть, в лакокрасочной промышленности, наполнитель и утяжелитель при производстве резины и бумаги, в медицине.

Месторождения: Медведевское (пос. Медведевка Кусинский район Челябинская область), в полиметаллических месторождениях Алтая, в Кутаисском районе в Грузии, в Туркмении (Каракалинский район) [19; 35].

ГИПС (легкий шпат), $Ca(SO_4) \cdot 2H_2O$. Кристаллы тонко- и толстотаблит-

чатые, иногда очень крупные. Характерны двойники – «ласточкин хвост». Агрегаты плотные, зернистые, листоватые, игольчатые, волокнистые. Цвет белый, часто прозрачный, также серый и розовый от примесей. Блеск стеклянный, перламутровый, у волокнистых разновидностей шелковистый. Спайность совершенная в одном направлении. Твердость 2. Удельный вес 2,3 г/см³. Часто образует незакономерные сростки кристаллов – «гипсовая роза». *Разновидности: селенит* – параллельно-игольчатый, с шелковистым блеском, карамельного цвета; *марьино стекло* – толстолистоватый прозрачный гипс с перламутровым блеском (рис. 42).

Происхождение: поверхностное – лагунный и озерный химический осадок или путем гидратации ангидрита осадочного происхождения под действием холодных подземных вод [35]. Минералами-спутниками являются каменная соль, ангидрит, сера, кальцит.

Применение: для лепных работ, в архитектуре, в строительстве, в медицине, в цементной и бумажной промышленности, для гипсования почв, в оптике. Волокнистый гипс (селенит) широко употребляется как поделочный камень.

Месторождения гипса находятся на Западном склоне Урала, в Поволжье, Донбассе (Артемовское), Прикамье, в Фергане (Шорсу), в Тульской, Рязанской, Калужской, Архангельской, Горьковской областях. Единственное в мире промышленное месторождение селенита располагается в Кунгуре вблизи Кунгурской Ледяной пещеры (Пермский край) [35].

Класс окислы и гидроокислы

ГЕМАТИТ (красный железняк), F₂O₃ (Fe 70 %). Название происходит от греч. «гемма» – кровь [35]. Блеск металлический до металловидного и матового. Цвет яснокристаллических разновидностей стальнo-серый до чёрного, землистых скрытокристаллических – красный, темно-красный. Черта вишнево-красная, красновато-коричневая (характерный диагностический признак). Твердость 5–6. Удельный вес 5,2 г/см³. Спайность отсутствует. Излом полураковистый до неровного. *Разновидности:*

- *железный блеск* – яснокристаллические выделения гематита с металлическим блеском;
- *железная слюдка* – чешуйчатые или тонкопластинчатые слюдоподобные агрегаты черного цвета;
- *железная роза* – параллельные сростки пластинок железной слюдки, иногда слегка искривленной;

- *красный железняк* – плотные тонко- и скрытокристаллические агрегаты обычно красного цвета;
- *красная стеклянная голова* – натечные почкообразные выделения красного железняка с гладким изломом;
- *мартит* – псевдоморфоза гематита по магнетиту.

Происхождение эндо- и экзогенное. Крупные месторождения относятся к осадочно-метаморфическому типу. Контактво-метасоматическое в скарных зонах, гидротермальное (железный блеск), в альпийских жилах – красивые кристаллы и агрегаты, метаморфическое – при метаморфизме бурых железняков [8; 35]. В зоне окисления неустойчив и превращается в различные гидроокислы железа.

Диагностика: от сходных ильменита, магнетита, хромита и гетита отличается вишнево-красной чертой и формой кристаллов, от гётита – высокой твердостью. Важнейшая руда на железо. Порошок чистого гематита используется в качестве минеральной краски. Кристаллы и плотные массы гематита употребляются как поделочный камень – *кровоавик*.

Месторождения: Кривой Рог, Курская магнитная аномалия (КМА).

ИЛЬМЕНИТ (титанистый железняк), FeTiO_3 (Fe – 36,8 %, Ti – 31,6 %). Название от Ильменских гор на Южном Урале. Кристаллы толстотаблитчатые, пластинчатые, обычен в виде неправильных крупных вкрапленников в породу. Цвет железно-черный. Черта черная, буроватая. Блеск металлический или металловидный. Спайность несовершенная в одном направлении. Излом ступенчатый. Твердость 5,5. Удельный вес 4,7 г/см³. Слабо магнитен.

Диагностика: по форме кристаллов, слабой магнитности.

Происхождение: магматическое – связан с основными изверженными породами, в которых образует жилы и вкрапленники. Часто находится в пегматитах щелочной магмы. В зоне выветривания устойчив и накапливается в россыпях.

Важнейшая руда на титан (титан – металл XXI века) и сырье для получения ферротитана – сплава железа с 10–15 % титана, идущего на изготовление специальных сортов стали, особо стойких против удара. Получение белой краски (титановых белил).

Месторождения: пегматиты Ильменских гор, Кусинское (Челябинская область), Кручинское (Восточная Сибирь), Станция Вольные Хутора в Запорожье, др. Крупные промышленные месторождения ильменита связаны с

россыпями (россыпи в бассейне реки Зеи, Самотканское месторождение в Днепропетровской области) [8; 33; 35].

Кусинская группа месторождений титаномагнетитов находится в Кусинском районе Челябинской области вблизи ст. Титан. В эту группу входят Кусинское, Южно-Кусинское, Северо-Кусинское и другие месторождения. Геологическое строение месторождений аналогично друг другу. Рудные тела представлены параллельными маломощными залежами сплошных титаномагнетитов (от 1 до 4 м) и мощными зонами вкрапленных образований (от 20 до 45 м). По происхождению являются магматическими и связаны с габбро-амфиболитовыми породами. Руды комплексные, содержат железо, титан, ванадий и другие элементы [8].

КВАРЦ, SiO_2 . Кристаллы удлиненные, призматического вида. Размер кристаллов различен. Характерна горизонтальная штриховка на гранях призмы. Вид симметрии L_3L_2 [35]. Образует крупные друзы. Цвет кварца белый, серый и других оттенков. Блеск стеклянный, на изломе жирный. Спайности нет. Излом раковистый. Твердость 7. Удельный вес $2,65 \text{ г/см}^3$. Обладает пьезоэлектрическими свойствами. Пропускает ультрафиолетовые лучи. По цвету выделяют следующие разновидности: *горный хрусталь* – совершенно прозрачный, обычно образует хорошие кристаллы, в виде шестигранной призмы, с одного конца увенчанные пирамидой. Часто по направлению к «головке» кристалл постепенно сужается. На гранях призмы наблюдается поперечная штриховка. Встречается в низкотемпературных жилах и некоторых пегматитах [35]. *Аметист* – фиолетового цвета, низкотемпературный гидротермальный, *розовый кварц* – бледно-розового цвета, характерен для центральных частей некоторых пегматитовых жил (рис. 43).

Дымчатый кварц – *раухтопаз* – дымчатого буроватого цвета, прозрачный, образуется в низкотемпературных гидротермальных жилах, *морион* – черный прозрачный кварц, встречается в пегматитовых жилах и пневматолитах. От механической примеси актинолита кварц может быть зеленым (*празём*), благодаря включениям слюды и гематита становится золотистым или красно-бурым с характерным металловидным отливом – *авантюрин*. *Цитрин* – лимонно-желтый, прозрачный кварц. Скрытокристаллическая разность кварца называется *халцедоном*. Концентрически-полосчатые разновидности халцедона носят название *агатов*, параллельно-полосчатые – *ониксы* [33; 35].

Халцедон, сильно загрязненный примесями песка и глины, называется кремнем.

Отличительные признаки: кварц – стойкий минерал по отношению к выветриванию, химически не разлагается. *Никогда не образуется совместно с нефелином.*

Происхождение: магматическое, пегматитовое, гидротермальное. Широко распространенный, «вездесущий минерал». Главный породообразующий минерал кислых магматических и метаморфических горных пород. Применяется в радиотехнике, оптике, ювелирном деле, точной механике, стекольной промышленности.

Месторождения: на Урале (Мурзинка, Шайтанка, Липовка и др.), Якутия (Большая Хатыма), Магаданская область (горный хрусталь, аметист), побережье Белого моря (мыс Корабль), Волынь, Памир, Алдан и т.д. *Россыпные:* русловые отложения рек Лены, Вилюя, Подкаменная и Нижняя Тунгуска, Хатанга, Колымы и т.д. [19].

ЛИМОНИТ (бурый железняк), $m\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ (состав переменный). Лимонит – аморфное вещество, смесь коллоидальных частиц окислов железа и адсорбированной воды, поэтому он не имеет постоянного химического состава. Типичны плотные смолоподобные или стекловидные и рыхлые землистые разновидности. Цвет коричневый и ржаво-бурый разных оттенков. Землистые разновидности окрашены в более светлые охристо-желтые тона, желто-бурые, коричневатые, оранжевые. Черта желтовато-бурая, охристая. Блеск часто матовый до полуметаллического. Спайность отсутствует. Излом раковистый до неровного и землистого. Твердость от 1 у рыхлых разновидностей до 5 у плотных натечных образований. Удельный вес 2,7–4,3 г/см³. Лимонит часто образует жеоды.

Диагностика: по форме выделений, цвету черту.

Происхождение: типичное экзогенное – образуется в результате выветривания железосодержащих минералов и часто слагает железные «шляпы» вокруг выходов рудных тел. Химические или биохимические осадочные образования на дне озёр и в прибрежной полосе моря.

Бурые железняки – один из основных типов железных руд.

Месторождения: Керченское месторождение осадочных (морских) руд, железные шляпы Бакальского месторождения сидерита (Челябинская область), пластовые месторождения осадочного типа (Комарово-Зигагинское на Южном Урале, Лисаковское в Казахстане) [8].

МАГНЕТИТ, Fe_3O_4 (магнитный железняк), содержание Fe 72,4 %. Цвет

железо-черный. Черта черная. Блеск металлический. Твердость 5,5–6. Удельный вес 5,0–5,2 г/см³. Сильно магнитен. *Разновидности: титаномагнетит* – содержит до нескольких процентов TiO₂ и представляет тесное взаимопрораствание магнетита и ильменита, *магномагнетит* – богатый Mg [35].

Диагностика: тяжелый удельный вес, черный цвет черты, магнитность. От гематита, гётита и хромита отличается формой кристаллов и цветом черты.

Происхождение магнетита различное: магматическое, скарновое, гидротермальное, метаморфическое. При процессах выветривания изменяется относительно слабо. Накапливается в россыпях. Важнейшая руда на железо. Месторождения магнетита считаются промышленными при запасах железа в сотни тысяч и миллионы тонн [35].

Месторождения: гора Магнитная (г. Магнитогорск), гора Высокая, гора Благодать, Кусинское, Нижнетагильское и Первоуральское, Ковдорское на Кольском полуострове, в Ангаро-Илимском районе.

Сведения об огромных запасах железной руды у слияния рек Выи и Тагила появились в конце XVII века, но промышленные разработки начались лишь с приходом Демидовых. Добыча железной руды из горы Магнит (так раньше называлась гора Высокая) началась в 1720 году. Магнитный железяк и гора Высокая определили индустриальное развитие города Нижнего Тагила. Название гора получила из-за высокого содержания железа в руде. «Была гора Высокая, стала яма глубокая» – такая поговорка сохранилась у жителей Нижнего Тагила в настоящее время.

Ученные запасы железных руд в Челябинской области сосредоточены в основном в двух железорудных районах: *Магнитогорском* и *Бакало-Кусинском*. Магнитогорское месторождение известно с 1747 г. На его базе построен крупнейший Магнитогорский металлургический комбинат. В советское время на Магнитогорском месторождении добывалось руды почти столько же, сколько на всех остальных железорудных месторождениях Урала вместе взятых [11]. В 1973–1975 гг. богатые окисленные руды были полностью выработаны.

У горы Магнитной существовало несколько наименований: Магнитной ее называли геологи, Маячной – казаки. История горы объединяет историю этносов, прежде здесь проживавших. По данным экспедиций Уральского университета, топоним восходит к древним иранским языкам, его фонетические варианты: Атасы, Ула-Утасе-Тау, Улу-Атасе-Тау. Редкие фольклорные материалы были записаны в 70-е годы XX века. Они вошли в региональную литературу и были ею переработаны. Здесь можно найти рассказы о чудесной горе, которая обрывала у лошадей подковы, обращала врагов в бегство, поскольку

ку пущенные стрелы притягивала «Шайтан-гора». В 1743 г. название горы Магнитной определило историческое наименование поселения – станица Магнитная, впоследствии – название города Магнитогорска (рис. 44).

ХРОМИТ (хромистый железняк), FeCr_2O_4 (содержание FeO – 32 %, Cr_2O_3 – 68 %). Цвет черный. Черта бурая (важный диагностический признак). Блеск металлоидный. Твердость 5,5–7,5. Удельный вес 4,2–4,8 г/см³. Обычно массивный в зернистых агрегатах. Может встречаться в виде мелкой вкрапленности в породе – *хромит-рябчик* (*рябчиковая руда*).

Диагностика: сочетание черного цвета и бурой черты, высокая твердость и связь с ультраосновными породами.

Происхождение: исключительно магматическое – в связи с ультраосновными горными породами, образует вкрапленность, шпировые выделения или залежи в дунитах, перидотитах и серпентинитах. По отношению к выветриванию устойчив, встречается в россыпях. При гидротермальных процессах (серпентинизации) окисляется и разрушается [33; 35].

Единственная руда на хром. В металлургии хром употребляется как добавка к стали, что придаёт ей вязкость, повышает твердость и антикоррозионные свойства. Бедные хромовые руды используются в металлургии как огнеупорный материал. Сырьё для получения стойких красок.

Месторождения: Донское и Кемпирсайское на Южном Урале, Саратовское на Северном Урале, небольшие месторождения в Армении.

Класс сульфиды

ГАЛЕНИТ (свинцовый блеск), PbS . Содержит 87 % свинца. Название от древнелат. *calena* – свинцовая руда [35]. Блеск на плоскостях спайности сильный металлический или зеркальный. *Свинчак* – плотный галенит с матовым блеском. Цвет свинцово-серый. Черта темно-серая до черной. Твердость 2–3 (мягкий). Спайность совершенная по кубу. Очень хрупкий. При ударе распадается на мелкие кубики и образует ступенчатые уступы. Излом мелкоступенчатый или плоскораковистый. Удельный вес 7,4–7,6 г/см³ (из-за высокого содержания свинца). В зоне окисления неустойчив, под воздействием грунтовых вод и атмосферных агентов легко замещается вторичными минералами. Вторичные минералы часто окрашиваются в ржаво-бурые цвета вследствие ассоциации галенита с сульфидами железа, образующими при окислении бурые гидроокислы железа [35].

Диагностика: по сильному металлическому блеску, тяжелому удель-

ному весу, хрупкости, ступенчатому излому.

Происхождение: магматическое гидротермальное средне- и низкотемпературное, скарновое. Характерна тесная ассоциация галенита со сфалеритом и сульфидами серебра и меди. Образуют *полиметаллические месторождения* свинцово-цинковых руд: Рудный Алтай, Восточное Забайкалье, Красноярский край, Приморский край, Дальнегорское месторождение полиметаллических руд (восточный склон Сихотэ-Алиня), Сарданское месторождение полиметаллических руд (хребет Сетте-Дабан в среднем течении реки Алдан), Кавказ (Садон), Таджикистан (Карамазор), Казахстан (Кара-тау) [8].

Применение: важнейшая свинцовая руда. Значительная доля мировой добычи серебра приходится на галенит [35].

КИНОВАРЬ (ртутная обманка) HgS . Содержит около 86 % ртути. Название происходит от арабского слова «кинобари» – кровь дракона [37]. Блеск алмазный, иногда со слабой свинцово-серой побежалостью или киноварь матовая. Твердость 2–2,5. Цвет ярко-красный, темно-красный. Черта кроваво-красная. Спайность совершенная в одном направлении. Удельный вес 8,0–8,2 г/см³. Сплошные зернистые массы, налеты, вкрапления.

Диагностика: по цвету можно спутать с купритом, отличается по красному цвету черты. Надежным признаком и отличием от всех сходных минералов является положительная реакция на ртуть (при осторожном нагревании в открытой пробирке даёт возгонку ртути и выделяет SO_2) [37].

Происхождение: низкотемпературное гидротермальное. Обычно встречается совместно с антимонитом, флюоритом, баритом и халцедоном. Выделяется в одну из последних фаз охлаждения магматического очага и образует самую верхнюю (эпизону) жильных месторождений, значительно удалённую от материнского магматического очага и приближенную к поверхности Земли, где благодаря низкой температуре соединения ртути могут выделяться в твёрдом виде. Отложения киновари также наблюдаются в районах молодого вулканизма. Образуется в последнюю стадию вулканической деятельности, когда излияния лавы прекратились и наблюдаются выделения газов и горячих источников [37].

Встречается редко, поэтому месторождения разрабатываются при любом валовом содержании ртути в руде.

Месторождения: Никитовское (Украина), Киргизия (Улуу-Тоо, Хай-

дарканское, Чаувайское), Таджикистан, Алтай (Акташское), Тува (Герлиг-Хай), в Кузнецком Алатау (Черная Уса), в Магаданской области (Западно-Полянское), в Якутии (Верхне-Дулгалахское и Брюнгандинское), на Чукотке (Олюторское). Основные ресурсы ртутной руды в зарубежных странах сосредоточены в Испании (Алмаден) и Италии (Монте-Амида) [8].

Применение: единственная руда на ртуть и ценная природная краска.

МОЛИБДЕНИТ (молибденовый блеск), MoS_2 . Содержит около 60 % молибдена. Название от греч. «свинец». В древности относился к соединениям свинца, затем одновременно к графиту и молибдениту, лишь в конце XVIII века было выяснено различие между этими минералами [35]. Цвет свинцово-серый с голубоватым оттенком. Черта свинцово-серая, металлическая блестящая. Мягкий (твердость 1), легко растирается в пальцах в блестящий порошок. Спайность весьма совершенная. Удельный вес 4,7–4,8 г/см³ (тяжелый). Чешуйчатые и листоватые агрегаты, сплошные массы и вкрапления (даже при высоком валовом содержании молибдена в породе вкрапленность обычно весьма тонкая).

Диагностика: постоянный металлический блеск, постоянный светлый свинцово-серый с голубоватым оттенком цвет. Жирен на ощупь, растирается в пальцах в блестящий порошок. Надежный метод отличия от графита – капля раствора медного купороса в присутствии кусочка цинка, положенного на пластинку исследуемого минерала, выделяет металлическую медь на графите и не выделяет на молибдените [35; 37].

Происхождение: гидротермальное (высоко- и среднетемпературное), метасоматическое в грейзенах и скарнах, пегматитовое.

Единственная руда на молибден.

Месторождения: Ильмены на Урале, Хибиньы на Кольском полуострове, Забайкалье (Букука), Красноярский край (Сорское), в Читинской области (Жирекенское), Джидинское в Бурятии, Хабаровский край (Умальта), Северный Кавказ (Тырныаузское), Северный и Восточный Коунрад в Казахстане, Лянгар в Узбекистане. Наибольшие запасы молибдена сосредоточены в Китае, США, Канаде [8].

ПИРИТ, (железный или серный колчедан, «золото дураков»), FeS_2 . Содержит 46,5 % железа и 53,5 % серы. Название греч. «огонь». Сингония кубическая. Блеск яркий металлический. Цвет светлый латунно-желтый. Черта черная. Спайность отсутствует. Излом неровный, реже раковистый.

Твердость высокая 6–6,5 (единственный сульфид, царапающий стекло). Удельный вес 4,9–5,2 г/см³. Образует кристаллы изометричной формы или кристаллические сростки (Березовское золоторудное месторождение на Урале с кристаллами пирита весом до 32 кг) [35]. На гранях кристалла наблюдается взаимно перпендикулярная штриховка. Помимо кристаллов образует вкрапленность в породах или сплошные зернистые массы. В осадочных породах – нередко в шаровидных конкрециях с радиально-лучистым строением или в кристаллических корочках, инкрустирующих внутренние стенки раковин. На поверхности легко подвергается процессам химического выветривания. Конечный продукт химического разложения пирита – лимонит, поэтому в верхних частях месторождений пирита обычно находятся скопления бурых железняков, образующих так называемые «железные шляпы».

Диагностика: по цвету и блеску можно спутать с золотом. *Отличие:* по удельному весу, твердости, цвету черты, форме кристаллов. Наиболее часто встречающийся сульфид.

Происхождение: магматическое, гидротермальное, пневматолитовое, контактово-метаморфическое, осадочное.

Применение: основное сырье для получения серной кислоты. Остающиеся при обжиге железные «огарки» частично используются в черной металлургии или для изготовления красителей. Обладает способностью осаждать золото из растворов.

Месторождения: Блявинская группа (Оренбургская область), Карабашская группа (Челябинская область), Сибайская группа (Башкирия), Змеиногорское, Николаевское, Белоусовское (Рудный Алтай) и др.

СФАЛЕРИТ (цинковая обманка) ZnS. Содержит 67 % цинка. Название от греч. «обманчивый» (обладает большой изменчивостью свойств). Блеск сильный алмазный, у темно-окрашенных разновидностей – металловидный. Цвет желтый, красноватый, бурый, темно-серый, черный, редко бесцветный. Черта белая, светло-желтая, светло-бурая, серая, бурая, коричневая. Твердость 3,5–4 (чертится иголкой). Спайность совершенная в шести направлениях. При ударе раскалывается на многогранники. Удельный вес 3,9–4,1 г/см³. Образует сплошные зернистые массы, вкрапления, кристаллы.

Диагностика: темный сфалерит можно спутать со многими минералами, в том числе с вольфрамитом или касситеритом. Отличия: изометричная

форма выделений, совершенная спайность в шести направлениях, цвет черты, меньший удельный вес и более низкая твердость [35].

Происхождение: гидротермальное. Выделяется вместе с галенитом. Высокотемпературный сфалерит содержит железо и имеет черный цвет (*марматит*). Обычная цинковая обманка имеет коричневатый цвет, а бесцветные или светло-желтые прозрачные ее разновидности (*клейофан*) являются низкотемпературными, не содержат железо, иногда в их составе присутствует кадмий.

Применение: один из наиболее промышленно важных рудных минералов. Основной источник цинка, кадмия, индия и, отчасти, германия.

Месторождения: встречается сфалерит в тех же месторождениях, что и галенит. Галенит и сфалерит – минералы-спутники [33; 35; 37].

ХАЛЬКОПИРИТ (медный колчедан) CuFeS_2 – сложный сульфид. Содержит 34–36 % меди. Название греч. «медь и огонь». Блеск металлический, иногда приглушенный побежалостью. Твердость средняя 3–4. Цвет золотисто-желтый (более густо-желтый, чем у пирита). Характерна пестрая радужная побежалость. Черта черная с зеленоватым оттенком. Спайность отсутствует. Излом раковистый или неровный. Удельный вес 4,1–4,3 г/см³. Зернистые массы или вкрапленность отдельных зерен. Кристаллы редки, имеют форму тетраэдра. В зоне окисления неустойчив.

Диагностика: в сплошных массах похож на пирит. Отличается более желтым цветом, меньшей твердостью, наличием побежалости. С другими сульфидами спутать трудно.

Происхождение: гидротермальное, скарновое, (контактово-метасоматическое), магматическое и осадочное. *Применение:* основная руда для получения меди.

Месторождения: Казахстан (Джезказганское), Средняя Азия, колчеданные месторождения Урала (Карпушинское, Блява, Карабашская группа и др.), Башкирия (Сибай), Восточная Сибирь, Грузия.

Класс силикаты

АВГИТ, $\text{Ca}_4(\text{Mg, Fe})_3\text{Al}[\text{Si, Al}]_2\text{O}_6$]. Блеск стеклянный или авгит матовый. Короткопризматические, иногда уплощенные кристаллы. Цвет черный, зеленовато-черный, реже темно-зеленый. Черта серая, зеленовато-серая. Твердость

5–6. Благодаря выветриванию иногда имеет среднюю твердость. Удельный вес 3,2–3,5 г/см³. Авгит под действием термальных растворов переходит в роговую обманку. Данная разновидность роговой обманки называется *уралитом*.

Диагностика: от роговой обманки отличается короткопризматической формой кристаллов.

Авгит практического применения не имеет. Породообразующий минерал многих магматических пород – пироксенитов, перидотитов, габбро, нефелиновых сиенитов, андезитов, базальтов.

Встречается повсеместно – на Урале (Вишнёвые и Ильменские горы), Кольский полуостров, Прибайкалье, Средней Азии, Украине [35].

БИОТИТ, $K(Mg, Fe)_3(OH,F)_2[AlSi_3O_{10}]$. Назван в честь французского физика Ж. Био [35]. Блеск стеклянный, на плоскостях спайности – иногда перламутровый. Цвет черный, темно-бурый или темно-зеленый, в тонких пластинках просвечивает. Содержит железо и поэтому не пригоден в качестве диэлектрика [37]. Спайность весьма совершенная в одном направлении. Твердость 2–3. Удельный вес 2,9–3,2 г/см³. Среди слюд является наиболее распространенным минералом.

Диагностика: по весьма совершенной спайности в одном направлении, черной окраске.

Происхождение: магматическое (биотитовые граниты), пегматитовое, метаморфическое – в различных сланцах и гнейсах.

Имеет породообразующее значение.

ГРУППА ГРАНАТА объединяет несколько минералов, обладающих сходными свойствами и обликом кристаллов. К группе гранатов относятся 14 минеральных видов класса силикатов, подкласса островных силикатов, объединенные общим типом кристаллической структуры, морфологическим сходством кристаллов и близостью ряда физических свойств, несмотря на вариации в химическом составе. Состав гранатов принято изображать общей формулой A_3B_2 , где **A** может быть Mg^{2+} , Fe^{2+} , Mn^{2+} , Ca и **B** может быть Al^{3+} , Fe^{3+} , Cr^{3+} , Mn^{3+} , Ti^{4+} . Перечисленные элементы могут присутствовать в любых соотношениях [35].

Название гранат лат. «*granum*» – зерно за сходство с цветом мякоти зерен в плодах гранатового дерева и форму выделения минерала в породе. Встречаются гранаты преимущественно в форме правильных кристаллов, их сростков, щеток и друз, а также в виде вкраплений в породе и сплошных

мелкозернистых агрегатов. Габитус кристаллов ромбододекаэдрический или тетрагонтриоктаэдрический. Цвет зависит от содержания того или иного химического элемента. *Пироп* обычно розовато-красный и кроваво-красный, *альмандин* $\text{Fe}_3\text{Al}_2[\text{SiO}_4]_3$, – темно-красный до буровато-черного, *гроссуляр* – золотисто-желтый, винно-желтый и буровато-красный (рис. 45).

Окраска *андрадита* бывает черной (вследствие примеси Ti и Mn), красной, бурой, желтой (при отсутствии или незначительной примеси Ti). Прозрачная зеленая разновидность андрадита называется *демантоидом*. Присутствие хрома обуславливает темно-зелёную и зелёную окраску уваровита. Ярко-зеленый кальциево-хромовый гранат *уваровит*, $\text{Ca}_3\text{Cr}_2[\text{SiO}_4]_3$, открыт на Урале в 1832 г. академиком Г.И. Гессом и назван в честь министра просвещения России, президента Академии Наук и увлечённого коллекционера минералов С.С. Уварова (1786–1855 гг.) (рис. 46).

Уваровит не образует крупных кристаллов или вкрапленников. Ровные щетки мелких (обычно до 1 мм) ярко блестящих ромбододекаэдрических кристалликов покрывают поверхности трещин и пустот выщелачивания в темных хромитовых рудах. Блеск стеклянный и жирный. *Шорломит* – титансодержащий андрадит с алмазным блеском. Излом неровный до раковистого. Твердость 6,5–7,5. Удельный вес 3,5–4,2 г/см³. Гранаты – широко распространенные минералы, лишь уваровит редок.

Диагностика: по облику кристаллов, высокой твердости, жирному блеску и высокому удельному весу.

Происхождение: магматическое (пироп, частично альмандин и спессартин), контактово-метасоматическое (андрадит, гроссуляр, метаморфическое (большинство гранатов), пегматитовое (спессартин, частично альмандин) (рис. 47).

Применяются для различных абразивных материалов, в ювелирном деле. Гранат пироп является поисковым признаком на алмазы.

Месторождения: Кусинский район Челябинской области называют гранатовой провинцией, из-за скопления крупных образований различного граната; железорудные скарные месторождения гор: Высокая, Магнитная, Благодать на Урале, Якутия, Архангельская область. Месторождения спессартина известны в Австралии, Германии, Норвегии, Швеции, Танзании, Кении, ЮАР, США, Мексике. Лучшие образцы спессартина добываются в Бразилии, Мадагаскаре [19].

ДИСТЕН (КИАНИТ), $\text{Al}_2\text{O}[\text{SiO}_4]$. Содержит 63,1 % Al_2O_3 . В качестве

примеси может присутствовать небольшое количество Fe или Cr. Названия: *дистен* – греч. «ди» – двояко и «стен» – сопротивляющийся (отражает неодинаковую твердость минерала в двух различных направлениях; кианит – от греч. «синий» – наиболее типичная окраска минерала [35]. Цвет голубой (до белого), синий, серый до черного (из-за включений графита), реже зеленый (из-за включений хрома до 2 % – хромкианит Cr_2O_3), бурый, желтый. Блеск стеклянный, на плоскостях спайности – иногда перламутровый. Спайность по двум направлениям: в одном – совершенная, в другом – средняя. Твердость вдоль кристалла – 4,5, поперек – 6–7. Хрупкий. Удельный вес 3,6–3,7 г/см³ [35].

Диагностика: вытянутые уплощенные досковидные кристаллы и их радиально-лучистые сростки, окраска, твердость, по нахождению в слюдястых сланцах (рис. 11).

Происхождение: вследствие регионального и контактового метаморфизма глинистых пород. В условиях выветривания устойчив, накапливается в россыпях. При гидротермальном изменении замещается мусковитом и серицитом.

Применение: при значительных концентрациях может рассматриваться как высококачественная алюминиевая руда и сырье для производства ценного кремниво-алюминиевого сплава – *силумина*. Поделочный камень.

Месторождения: минерал распространенный. Кольский п-ов (Кейвы), Северная Карелия, Средний и Южный Урал (Кианитовая копь в Пластовском районе Челябинской области была описана А.Е. Ферсманом в 1912 г.), Алтайский край, Прибайкалье и др. В Южной Якутии в северных отрогах Станового хребта известно Чайнытское месторождение дистеновых, корундо-дистеновых и корундовых пород с рубиново-красным и синим корундом и светлыми слюдами [35].

ЛАБРАДОР (№ 50–70). Блеск – стеклянный. Цвет темно-серый, обладает отблеском с переливом в ярких синих и зеленый тонах (иризация). Твердость 6–6,5 по шкале Мооса. Спайность совершенная в двух направлениях. Излом неровный ступенчатый. Удельный вес 2,6–2,8 г/см³.

Диагностика: иризация, часто наблюдаются широкие двойниковые полосы, выражающиеся в том, что при одном положении минерала одна полоска блестящая, полоска, находящаяся рядом – матовая. При другом положении блестящая полоска становится матовой и, наоборот, матовая – блестящей.

Высокодекоративный облицовочный материал, поделочный камень.

Породообразующий минерал магматической горной породы – *лабрадорита*.

Происхождение: магматическое – образуется в результате кристаллизации магмы основного состава.

Месторождение: промышленное значение имеют пегматиты Украины.

ЛАЗУРИТ, $\text{Na}_6\text{Ca}_2[\text{AlSiO}_4]_6 (\text{SO}_4)_2$. Название по цвету – «голубой камень». Синоним «ляпис-лазурь». Блеск на гранях стеклянный, в изломе – жирный. Непрозрачен. Цвет интенсивный лазурно- или васильково-синий, реже нежно-голубой. Твердость 5,5. Спайность несовершенная. Удельный вес 2,4 г/см³. Сплошные плотные массы или вкрапленность в породе.

Диагностика: по очень характерной окраске. Сохраняет окраску после прокаливания. В поверхностных условиях устойчив.

Происхождение: метасоматическое, встречается очень редко. Минералы спутники: халькопирит, пирит, кальцит, циркон.

Применение: один из самых эффектных поделочных камней, известный с античных времен. Материал для изготовления стойких темно-синих и лазурно-голубых красок. Освоено промышленное производство искусственного лазурита как синей краски – ультрамарина.

Месторождения: Мало-Быстринское в Южном Прибайкалье близ Слюдянки, Бадахшанское на Памире [19; 35].

МУСКОВИТ, $\text{KAl}_2 (\text{OH},\text{F})_2[\text{AlSi}_3\text{O}_{10}]$. Название от старинного итальянского наименования Москвы – Муска. Ещё в XVI веке этот минерал вывозился из нашей страны за границу под названием московского стекла и высоко ценился за рубежом [35]. Блеск стеклянный, на плоскостях спайности – перламутровый. В крупных кристаллах цвет белый, серебристый, светло-бурый, иногда с красноватым оттенком. Тонкие листочки бесцветны. Спайность весьма совершенная в одном направлении. Твердость 2–3. Удельный вес 2,9 г/см³. Температура плавления 1260–1290°C. Обладает ярко выраженными свойствами диэлектрическими свойствами [35].

Диагностика: по весьма совершенной спайности в одном направлении, светлой окраске, сильному стеклянному блеску, способности легко расщепляться на тонкие прозрачные листочки.

Происхождение: эндогенное высокотемпературное: пегматитовое в магматических породах, гидротермально-метасоматическое – в кристаллических сланцах.

Месторождения: на севере Иркутской области в бассейне реки Мамы и

Чуи (Мамское и Чуйское), в Карелии (Энское и др.), в Восточном Саяне (Бирюсинское), в Индии и Бразилии [19].

Применение: электропромышленность, радиотехника, приборостроение, где используются его диэлектрические свойства. Крупные прозрачные пластины мусковита вставляют в окна металлургических и химических печей. Слюдяной порошок (скрап) используется в производстве огнестойких обоев, бумаги, красок, смазочных материалов и автомобильных шин [37].

НЕФЕЛИН (от греч. «облако», при разложении в азотной кислоте даёт «облако» кремнезема), $\text{Na}[\text{AlSiO}_4]$. Синоним – *элолит* (масляный камень) [35]. Блеск жирный. Спайность отсутствует. Твердость 5–6. Хрупок. Удельный вес 2,6–2,7 г/см³. Цвет: прозрачные кристаллы могут быть бесцветны, чаще полупрозрачны, серого цвета с зеленоватым, буроватым или красноватым оттенками, либо ярко окрашены: мясо-красный.

Диагностика: в составе породы можно спутать с полевыми шпатами и кварцем. От полевых шпатов отличается отсутствием спайности, от кварца – ассоциацией минералов, меньшей твердостью, более жирным блеском, цветом, меньшей прозрачностью, способностью разлагаться под действием кислот. При выветривании легко разрушается, покрываясь с поверхности белесыми плёнками вторичных продуктов, полное выщелачивание приводит к появлению каверн и полостей на месте зерен нефелина («оспинная» поверхность). Никогда не встречается вместе с кварцем.

Происхождение: магматическое, реже пегматитовое и метасоматическое.

Применение: один из главных породообразующих минералов щелочных горных пород и их пегматитов. Некоторые разновидности ценятся как самоцветы. В стекольной, керамической и химической промышленности.

Месторождения: крупнейшая щелочная провинция в мире на Кольском п-ове – Хибинский щелочной массив, Урал (щелочная провинция Вишневых и Ильменских гор), Красноярский край.

ОЛИВИН (Mg, Fe_2)[SiO_4]. Название происходит от оливково-зеленого цвета минерала (рис. 48). Старое название оливина – «перидот». Наиболее распространенный минерал изоморфного ряда *форстерит* $\text{Mg}_2[\text{SiO}_4]$ – *фаялит* $\text{Fe}_2[\text{SiO}_4]$. Распространен в виде зернистых масс или в виде отдельных кристаллов ромбической сингонии, включенных в породу (оливиновый базальт и кимберлит) [33; 35]. Цвет желто-зеленый, но в зависимости от состава может

изменяться от светло-желтого до темно-зеленого и черного цвета. Блеск сильный стеклянный или жирный. Твердость 6,5–7 по шкале Мооса. Спайность несовершенная. Удельный вес, в зависимости от состава, от 3,2 до 3,5 г/см³. Разновидности: желтовато-зеленый прозрачный оливин называется *хризолитом*.

Диагностика: по темному желтовато-зеленому цвету, отсутствию спайности, неровному излому, стеклянному блеску. Точное определение минералов ряда оливина производится под микроскопом [35].

Происхождение: магматическое. Под действием гидротермальных растворов переходит в серпентин.

Главный породообразующий минерал ультраосновных горных пород. Маложелезистые оливиновые породы могут использоваться как огнеупорное сырье. Хризолит – драгоценный камень.

Месторождения: Урал, Карелия, Восточный Саян.

ПОЛЕВОЙ ШПАТ: ОРТОКЛАЗ, МИКРОКЛИН (K,Na)(AlSi₃O₈). Названия: ортоклаз – от греч. «*прямораскальвающийся*», микроклин – от греч. «*незначительно отклоненный*», у ортоклаза угол между плоскостями спайности 90°, у микроклина – на 20' отличающийся от прямого (рис. 49). Блеск стеклянный, у микроклина на плоскостях спайности – близкий к перламутровому. Твердость 6–6,5 по шкале Мооса. Цвет – белый, серый, светло-желтый, бледно-розовый, красный до мясо-красного из-за тончайшей примеси гематита. Зеленая разновидность микроклина называется *амазонит*. Спайность – совершенная в двух направлениях, под прямым углом, в третьем направлении образует неровную поверхность излома. Удельный вес – 2,6 г/см³.

Диагностика: по совершенной спайности, углу между плоскостями, высокой твердости.

Происхождение: магматическое, метаморфическое, метасоматическое, гидротермальное. Главный породообразующий минерал магматических горных пород.

Практическое значение обусловлено способностью полевых шпатов при плавлении и последующем затвердевании образовывать прозрачное стекло. Добавка кварца делает полевошпатовое стекло мутным, молочно-белым, фарфороподобным [35]. Главный потребитель полевого шпата – производство фарфора, фаянса, стекла. В небольшом количестве используются в производстве абразивов, мыла. Амазонит ценится как поделочный камень.

РОГОВАЯ ОБМАНКА, $\text{Ca}^2\text{Na}(\text{Mg}, \text{Fe}^{2+})_5[\text{Si}, \text{Al}]_4\text{O}_{11}]_2(\text{OH})_2$. Перевод с нем. *Hornblende*: за сходство с рудным минералом – темным сфалеритом (цинковой обманкой). Блеск стеклянный или роговая обманка матовая. Цвет зелёный, зеленовато-бурый до зеленовато-черного. Черта серая, зеленовато-серая. Твердость 5,5–6,0. Некоторые разности благодаря выветриванию имеют среднюю твердость. Удельный вес 3,0–3,5 г/см³. Удлиненные призматические, столбчатые кристаллы, иногда сплошные массы игольчатого или призматического строения. Разновидности: *базальтическая роговая обманка* – содержит до 2–3% TiO_2 и богата окисным железом (в тонких сколах имеет бурый цвет), *уралит* – грязно-зеленый, волокнистый, образует псевдоморфозы по пироксену.

Диагностика: по форме кристаллов. От авгита отличается более вытянутой формой кристаллов.

Происхождение магматическое, метаморфическое, контактово-метасоматическое.

Широко распространенный породообразующий минерал. Входит в состав средних, кислых и щелочных магматических горных пород, метаморфических (роговообманковые гнейсы, амфиболиты, роговообманковые сланцы). Базальтическая роговая обманка встречается в базальтах, трахитах, вулканических туфах и пеплах, сопровождающих лавы основного состава.

Практического применения не имеет.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 4

Определение минералов класса самородные элементы и галоиды

Цель: овладеть визуальным (макроскопическим) методом диагностики минералов по их физическим свойствам.

Оборудование: рабочая коллекция минералов, неглазурованные фарфоровые пластинки (бисквиты), кусочки обработанного оконного стекла.

Задание 1. С помощью ключа к определителю минералов определить минерал, т.е. установить его название.

Задание 2. Произвести описание минерала в соответствии с планом. Указать его происхождение и практическое значение, месторождения на территории России. Сведения занести в тетрадь.

Задание 3. Рассмотреть понятие «полиморфизм».

Полиморфизм – способность некоторых веществ давать в различных условиях их образования различные модификации (видоизменения) одинакового химического состава, но с разными физическими и химическими свойствами и разной кристаллической структурой [13;33].

План описания минерала:

1. Название минерала и его формула
2. Блеск минерала
3. Твердость
4. Цвет минерала
5. Цвет черты минерала
6. Спайность или излом
7. Удельный вес, г/см³
8. Прочие свойства
9. Диагностика
10. Происхождение (генезис)
11. Значение (породообразующее, полезное ископаемое)
12. Применение
13. Месторождение полезного ископаемого (МПИ)

Полезными ископаемыми называют минеральные образования недр, химический состав и физические свойства которых позволяют эффективно использовать их в сфере минерального производства [9].

Недра – это верхняя часть земной коры, в которой при современном уровне развития техники возможна добыча полезных ископаемых [9].

Скопления полезных ископаемых в земной коре называются *месторождениями полезных ископаемых*.

Все полезные ископаемые подразделяются на *неметаллические и металлические (или рудные)*.

Руда – минеральное вещество, из которого технологически возможно и экономически целесообразно извлекать валовым способом металлы для использования их в народном хозяйстве [13].

При небольших запасах руд на участке, низком некондиционном содержании полезного компонента в породе или плохой обогатимости подобные минеральные скопления рассматриваются как *рудопроявления* [13; 35]. С развитием техники и технологий, ростом потребности экономики в подобном минеральном сырье некоторые рудопроявления могут перейти в

разряд промышленных месторождений.

Месторождения минералов, содержащих металлы, называют *рудными*. Руда может быть *мономинеральной*, т.е. содержать один минерал, но чаще руды бывают *полиминеральными* – содержат несколько минералов. Месторождения таких руд называют *полиметаллическими*.

К *нерудным* принадлежат строительные материалы (песок, гравий, глина и др.), химические (сера, и др.) и металлургическое сырье (асбест и др.), драгоценные и поделочные камни (алмаз, нефрит, яшма и др.)

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Дать общую характеристику минералов класса самородные элементы.
2. Дать общую характеристику минералов класса галоидные соединения.
3. Назовите основные диагностические признаки серы.
4. Назовите основные диагностические признаки графита.
5. Назовите основные диагностические признаки золота и его разновидности.
6. Назовите основные диагностические признаки алмаза и его разновидности.
7. Назовите основные диагностические признаки флюорита.
8. Назовите основные отличительные признаки галита от сильвина
9. Назовите основные направления использования графита и алмаза.
10. Основная область применения флюорита.
11. Назвать и показать на карте основные месторождения алмазов, золота, графита, серы, поваренной соли.
12. Назвать и показать на карте важнейшие месторождения алмазов, графита, золота, галита на территории России.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 5

Определение минералов класса карбонаты, сульфаты и фосфаты

Цель: овладеть визуальным (макроскопическим) методом диагностики минералов по их физическим свойствам.

Оборудование: рабочая коллекция минералов, неглазурованные фарфоровые пластинки (бисквиты), кусочки обработанного оконного стекла, флаконы с 10%-ным раствором HCl.

Задание 1. С помощью ключа к определителю минералов определить минерал, т.е. установить его название.

Задание 2. Произвести описание минерала в соответствии с планом. Указать его происхождение и практическое значение, месторождения на территории России. Сведения занести в тетрадь.

Ход работы

Важным диагностическим признаком минералов класса карбонаты является совершенная спайность по ромбоэдру и взаимодействие с 10%-ной соляной кислотой (HCl). Отличаются по характеру реакции:

- Реагирует бурно в холодном виде (кальцит)
- Реагирует слабо в порошке (доломит)
- Реагирует в порошке при нагревании (магнезит)
- Реагирует активно, при этом капля кислоты меняет цвет (сидерит)

При работе с соляной кислотой необходимо проявлять максимум осторожности, не допуская пролива кислоты. Флаконы с 10%-ной соляной кислотой должны находиться в специальной подставке. Для получения капли кислоты на поверхности образца достаточно её небольшого количества, для чего используется стеклянная трубочка или флакон должен быть оборудован специальным дозатором. После работы с кислотой необходимо тщательно вымыть руки. При попадании кислоты в глаза промыть глаза 1%-ным раствором бикарбоната натрия.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Для какого минерала характерно двойное лучепреломление?
2. Какой минерал называют «камнем плодородия»?
3. С какими минералами можно спутать апатит? Отличительные признаки.
4. С какими геологическим процессами связано образование гипса?
5. Назвать основные месторождения апатита, магнезита, селенита, сидерита.
6. Основные диагностические признаки минералов класса карбонаты.
7. Какие минералы изученных классов имеют породообразующее значение?

8. Назвать и показать на карте важнейшие месторождения магнетита и сидерита на территории России.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 6

Определение минералов класса окислы и гидроокислы

Цель: овладеть визуальным (макроскопическим) методом диагностики минералов по их физическим свойствам.

Оборудование: рабочая коллекция минералов, неглазурованные фарфоровые пластинки (бисквиты), кусочки обработанного оконного стекла, компас.

Задание 1. Подразделить минералы на две группы:

- а) с металлическим блеском;
- б) с неметаллическим блеском.

Задание 2. С помощью ключа к определителю минералов определить минерал, т.е. установить его название.

Задание 3. Произвести описание минерала в соответствии с планом. Указать его происхождение и практическое значение, месторождения на территории России. Сведения занести в тетрадь.

Ход работы

Блеск у окислов и гидроокислов бывает металлический и неметаллический. Окислы с металлическим блеском тяжелые, имеют черную окраску, с неметаллическим – легкие, имеют непостоянный цвет и могут быть различно окрашенными. Окислы с неметаллическим блеском черты не дают. Окислы с металлическим блеском имеют постоянный цвет черты, которая является их важным диагностическим признаком. Все окислы твердые (царапают стекло), у гидроокислов твердость непостоянна (зависит от условий образования). При определении твердости минерала с помощью стекла, необходимо положить стекло на ровную поверхность стола и с небольшим нажимом медленно провести образцом по стеклу. Запрещается царапать образец стеклом. Запрещается определять твердость образца, удерживая стекло в руке.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какое практическое значение имеют окислы с металлическим блеском?

2. Какое практическое значение имеют окислы с неметаллическим блеском?
3. Для каких минералов характерно свойство магнитности?
4. Назовите основные диагностические признаки ильменита.
5. Назвать и показать на карте основные месторождения ильменита.
6. Назвать и показать на карте основные месторождения магнетита.
7. С чем связано название горы Высокая на Урале?
8. Для какого минерала характерно свойство «пьезоэлектричество»?
9. Назовите основные разновидности кварца.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 7

Определение минералов класса сульфиды

Цель: овладеть визуальным (макроскопическим) методом диагностики минералов по их физическим свойствам.

Оборудование: рабочая коллекция минералов, неглазурованные фарфоровые пластинки (бисквиты), кусочки обработанного оконного стекла.

Задание 1. Подразделить минералы на две группы:

- а) с металлическим блеском;
- б) с неметаллическим блеском.

Задание 2. С помощью ключа к определителю минералов определить минерал, т.е. установить его название.

Задание 3. Произвести описание минерала в соответствии с планом. Указать его происхождение и практическое значение, месторождения на территории России. Сведения занести в тетрадь.

Задание 4. Рассмотреть понятия: *колчедан, колчеданные руды, парагенезис минералов, парагенетические ассоциации минералов, полиметаллические руды, изоморфизм, типоморфные признаки минералов, типоморфные минералы.*

Изоморфизм – свойство, или способность, химических элементов (атомов) замещать друг друга в кристаллах и минерала [12].

Колчедан – общее собирательное название сернистых соединений бисульфидов, реже моносльфидов и иногда сульфосолей металлов Fe, Cu, As, Ni, Co, Sn (синоним ряда сульфидов) [12].

Колчеданные руды – тип рудных месторождений сложенных колчеданными рудами железа и меди. Представленные такими минералами, как пирит, пирротин, халькопирит и др.; обычно с участием сфалерита, реже галенита, ар-

сенопирита, металлов никеля, кобальта, с примесью серебра и золота. Один из важных типов промышленных медных и полиметаллических месторождений [12].

Парагенезис минералов – совместное нахождение минералов, возникающих в результате одновременного или последовательного образования [13].

Парагенетические ассоциации минералов – группы минералов, образовавшиеся благодаря одному и тому же процессу.

Полиметаллические руды – руды с совместным присутствием свинца и цинка.

Типоморфные признаки – признаки, по которым можно установить состав, температуру образования или происхождение минералов [33].

Типоморфные минералы – минералы, обладающие типоморфными признаками [33].

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какой минерал из класса сульфиды обладает типоморфными признаками?
2. Для какого минерала из класса сульфиды характерно свойство изоморфизма?
3. Какой минерал из класса сульфиды обладает зеркальным блеском?
4. Какими минералами представлены месторождения полиметаллических руд?
5. Какими минералами представлены месторождения колчеданных руд?
6. Какое практическое значение имеет пирит?
7. В результате каких процессов образуется побежалость, и для каких минералов она характерна?
8. Назвать и показать на карте основные месторождения меди, молибдена, свинца, цинка, ртути на территории России.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 8

Определение минералов класса силикаты

Цель: овладеть визуальным (макроскопическим) методом диагностики минералов по их физическим свойствам.

Оборудование: рабочая коллекция минералов, неглазурованные фарфоровые пластинки (бисквиты), кусочки обработанного оконного стекла.

Задание 1. Используя «Практикум по минералогии и петрографии», познакомиться с кристаллохимической классификацией минералов класса силикаты и заполнить таблицу 7.

Таблица 7

Кристаллохимическая классификация минералов класса силикаты

№ п/п	Название подкласса	Тип соединения кремнекислородного тетраэдра	Краткая характеристика	Основные минералы

Задание 2. С помощью ключа к определителю минералов определить минерал, т.е. установить его название.

Задание 3. Произвести описание минерала в соответствии с планом. Указать его происхождение и практическое значение, месторождения на территории России. Сведения занести в тетрадь.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

КРОССВОРД 1

Разгадав слова по значению, проставьте в клеточках буквы по их номерам. В результате вы прочтете слова П.П. Бажова из «Малахитовой шкатулки» [22].

1. 10, 3, 11, 3, 2, 1, 6 – понижение в горном хребте;
2. 15, 3, 11, 13, 1 – порошок, остающийся после царапания по неглазурованной фарфоровой пластинке;
3. 12, 3, 6, 17 – бурный поток, внезапно возникающий по крутому руслу главным образом горных рек;
4. 14, 1, 11, 18 – водоросли из отряда харовых с покровными клетками;
5. 5, 1, 8, 17, 9, 8 – речная долина с отвесными бортами;
6. 16, 3, 13, 5, 1 – друза минерала;
7. 11, 1, 4, 7, 18, 2 – процесс разрушения горных пород и последующего удаления образовавшихся продуктов водными потоками, ледниками, течением

8	3		12	15	3	12	13	7
1	6	7	1	4	9	2		2
5	1	7	3	8	8	18	14	
	10	3	18	3	11	1	14	

КРОССВОРД 2

Разгадав слова по значению, проставьте в клеточках буквы по их номерам. В результате вы прочтете высказывание академика В.И. Вернадского из «Истории природных вод» [22].

- 1, 10, 4, 16, 6, 5, 16 – фиолетовая разновидность кварца;
- 2, 4, 14, 11, 1, 3, 6, 16 – минерал, названный в честь академика В.И. Вернадского;
- 13, 1, 3, 20 – долина ручья или небольшой реки;
- 17, 14, 6, 5, 12, 9, 6, 16 – прозрачный оливин;
- 18, 4, 14, 15, 8, 6, 7 – исследователь Сибири и Байкала, геолог;
- 22, 11, 16, 1, 14, 20 – ископаемая затвердевшая смола;
- 17, 12, 11, 3, 14, 6, 16, 19 – каменные метеориты из мелкозернистой силикатной массы;
- 21, 14, 1 – сокращенное название юрского периода

2		13	14	4	3	4	9	1	17
5	4	10	11	12	7		8	12	14
19		14	12	9	20		2	12	3
19		6	15	8	9	21	18	6	16
		4	9	20	11	1	22		

КРОССВОРД 3

Разгадав слова по значению, проставьте в клеточках буквы по их номерам. В результате вы прочтете слова В.П. Семенова-Тянь-Шанского [22].

- 1, 7, 4, 9, 8, 5, 12 – зеленый микроклин (по реке Амазонке);
- 14, 2, 12, 6, 1 – друза;
- 17, 8, 12, 1, 10, 15 – ископаемая смола хвойных деревьев;
- 6, 1, 10, 9, 12, 1, 3 – совокупность геофизических методов исследований, проводимых в скважинах;
- 11, 1, 7, 13, 7 – горячий шквальный ураган с пылью в пустынях Северной Африки, Аравии и Малой Азии;

6. 16, 10, 1 – крупное подразделение геохронологической шкалы

12	2	6	13	1	1	17		
10	2	6	1	--	16	12	9	
	11	1	7	1		3	5	
		4	8	15				

КРОССВОРД 4

Разгадав слова по значению, проставьте в клеточках буквы по их номерам и прочитайте поговорку [22].

1. 1, 3, 1, 14 – полосчатый халцедон слоистого строения;
2. 2, 4, 12, 5, 7, 7 – минерал подкласса кольцевые силикаты;
3. 6, 10, 6, 13 – продукт термической переработки каменного угля;
4. 8, 15, 8, 5, 4 – природное смолообразное вещество биогенного происхождения;
5. 9, 1, 14, 4, 6, 5 – минеральные агрегаты, образовавшиеся в результате выпадения из раствора;
6. 16, 5, 14, 5, 9 – одежда, оболочка;
7. 11, 1, 7, 4, 10, 3, 4, 9 – нижняя половина третичной системы

13		8	5	12	15		11	10	
9	5	14	6	4		3	10	7	10
8	15		12	15	2	1	16	1	

Раздел 2. ПЕТРОГРАФИЯ И ЛИТОЛОГИЯ

Общие сведения о горных породах

Петрография («*петра*» – скала, камень, «*графо*» – пишу) – наука, изучающая магматические и метаморфические горные породы, их минеральный и химический состав, структурные и текстурные особенности, геологические условия образования. Раздел петрографии, изучающий состав, структуру, текстуру и генезис осадочных горных пород называется *литологией* [13].

Горные породы – это естественные минеральные агрегаты, образующиеся в земной коре и на ее поверхности в ходе различных геологических процессов, отличающиеся определенным строением, физическими свойствами и геологическими условиями образования [33].

Каждая горная порода образует в земной коре *тело объемной формы* (слой, линза, массив, поток и т.д.), имеет *определенный вещественный состав* и обладает *специфическим внутренним строением* [38].

Вещественный состав горных пород характеризуется химическим составом и минеральным составом. Химический состав характеризуется количественным соотношением химических элементов, входящих в состав породы. Минеральный состав показывает, в каких соединениях находятся эти химические элементы, т.е. из каких минералов состоит горная порода. Но при одном и том же химическом валовом составе горные породы могут иметь различный минеральный состав. Поэтому при диагностике горной породы определяющее значение имеет её *минеральный состав* [38].

По минеральному составу горные породы бывают *мономинеральными*, состоящими преимущественно из одного минерала, и *полиминеральными*, состоящими из нескольких минералов. В обоих случаях различают *главные породообразующие минералы* и *второстепенные*, или *акцессорные*. Главные породообразующие минералы определяют тип горной породы, наличие или отсут-

стствие аксессуарных минералов является важной промышленной характеристикой горной породы [38]. Внутреннее строение горной породы характеризуется *структурой и текстурой*. Структура горной породы характеризует *степень ее кристалличности, абсолютные и относительные размеры минеральных зерен, а также форму и взаимоотношения минералов, слагающих породу* [38]. Под *текстурой* понимают сложение горной породы, т.е. расположение минеральных зерен в породе [38].

Все основные характеристики горных пород (форма залегания, вещественный состав, внутреннее строение) определяются их происхождением [38].

Горные породы, содержащие полезные компоненты, извлечение которых экономически целесообразно (экономически выгодно), называются *полезными ископаемыми* [38]. Экономическая целесообразность определяется условиями на руду.

Кондиции – совокупность требований промышленности к качеству минерального сырья [12]. Основными показателями кондиций являются:

- 1) минимальное промышленное содержание полезного компонента в руде;
- 2) бортовое содержание полезного компонента в руде краевых проб, по которым производится оконтуривание рудного тела;
- 3) минимальная мощность и максимальная глубина залегания рудного тела;
- 4) минимальное значение рудоносности;
- 5) максимальное содержание вредных компонентов;
- 6) минимальные запасы полезного ископаемого и т.д. [12].

Кондиции – категория временная. Уровень их зависит от потребностей народного хозяйства и состояния баланса запасов данного вида сырья [12].

Горные породы, вмещающие месторождение полезного ископаемого или заключенные среди него, называются *пустыми породами*. Данное понятие является условным, т.к. в одних случаях данный минерал или порода может быть полезным ископаемым, в других – пустой породой. Например, известняки добываются самостоятельно для нужд черной металлургии, цементного производства, а известняки, являющиеся пропластками на угольных месторождениях, идут в отвал, т.к. разрабатывать их вместе с углем нецелесообразно.

Полезные ископаемые, вовлеченные в сферу производства, называют

минеральным и топливно-энергетическим сырьем [9].

Наиболее распространенным является разделение полезных ископаемых по *промышленному назначению*. В основе классификации лежит классификация А.Е. Ферсмана, в соответствии с которой полезные ископаемые подразделяются на три основные группы:

- 1) руды металлов и сами металлы;
- 2) нерудное сырье;
- 3) топливо [1].

В каждой группе выделяются еще подгруппы. Классификация А.Е. Ферсмана носит условный характер. Так, например, алмаз может быть и драгоценным камнем и абразивом. В процессе научных изысканий происходит переоценка использования полезных ископаемых в народном хозяйстве. Например, раньше боксит считался бедной железной рудой, а теперь это основное сырье для получения алюминия. Поэтому во взятую за основу классификацию Ферсмана с течением времени были внесены некоторые коррективы [8; 19].

По физическим свойствам полезные ископаемые бывают:

- 1) *твердыми* (уголь, рудные и нерудные полезные ископаемые),
- 2) *жидкими* (нефть, минеральные воды),
- 3) *газообразными* (горючие и инертные газы) [1].

К *неметаллическим полезным ископаемым* относится группа минералов и горных пород, из которых не извлекаются в качестве главного компонента металлы, которые не представляют собой углеводороды и углеводородные виды энергетического сырья, гидроминеральные и газообразные ресурсы [19].

В настоящее время принята следующая классификация важнейших полезных ископаемых по промышленному значению [19]:

1. Металлические полезные ископаемые (руды металлов и сами металлы):
 - Черные металлы (железо, марганец, хром)
 - Лигирующие металлы (титан, ванадий, никель, кобальт, вольфрам, молибден)
 - Цветные металлы (медь, свинец, цинк, алюминий, магний, олово, висмут, мышьяк, сурьма, ртуть)
 - благородные металлы (золото, серебро, платина и платиноиды – палладий, осмий, родий, рутений, иридий)
 - Радиоактивные металлы (уран, торий, радий)

- Редкие, редкоземельные и рассеянные элементы.
- 2. Энергохимические – уголь, горючие сланцы, нефть, природный газ, торф.
- 3. Неметаллические полезные ископаемые:
 - Химическое сырье – сера, мышьяковые руды, поваренная соль, природная сода, тальк, йод, бром, пирит, и др.
 - Агрономическое сырье – апатиты, фосфориты, калийная соль и др.
 - Metallургическое и теплоизоляционное сырье:
 - ✓ Огнеупоры (асбест, кварцит, глина огнеупорная и др.)
 - ✓ Флюсы (флюорит, известняки, доломиты, магнезит)
 - ✓ Теплоизоляторы
 - Техническое сырье (диэлектрики, абразивы и др.)
 - Пьезооптическое сырье (пьезокварц, турмалин, исландский шпат и др.)
 - Цветные драгоценные и поделочные камни (алмаз, изумруд, александрит, рубин, сапфир, топаз и др.)
 - Строительные материалы (строительные и облицовочные камни, наполнители, гидравлические добавки и др.)
 - Стекольное и фарфорово-фаянсовое сырье (стекляные пески, гончарные глины, каолин, полевые шпаты и др.)
 - Цементное сырье (известняки, мергели, опоки и др.)
 - Сырье для новых отраслей промышленности (получение искусственного волокна и слюды, минеральной ваты, каменного литья и др.) – диабазы, базальты и др.
 - Гидроминеральные ресурсы – подземные пресные и минеральные воды, промышленные и термальные воды глубоких структурных горизонтов.

Классификация горных пород

В основу современной петрографической классификации горных пород положен *генетический принцип*, который дополняется классификационными признаками, относящимися к *химическому и минеральному составу горных пород, их структурно-текстурной характеристике и физическим свойствам*

[54].

По своему происхождению все горные породы подразделяются на три большие группы:

1. Магматические, или изверженные горные породы – связанные с процессами магматической деятельности;
2. Осадочные – образующиеся на земной поверхности в результате деятельности различных экзогенных факторов;
3. Метаморфические – образующиеся в результате преобразования магматических и осадочных горных пород.

Распространение пород неодинаково. Подсчитано, что литосфера на 95 % сложена из магматических и метаморфических пород и только 5 % составляют осадочные породы. В то же время осадочные горные породы покрывают 75 % земной поверхности и только 25 % ее занято магматическими и метаморфическими породами [54].

Большинство инженерно-технических сооружений строится на осадочных горных породах, поэтому для строителей, гидромелиораторов осадочные породы представляют наибольший практический интерес [3].

Все геологические образования, к которым относятся горные породы, могут быть:

- основаниями для различных сооружений (гражданских, промышленных, гидротехнических);
- средой, в которой строятся сооружения (метро, тоннели, каналы);
- материалами, из которых создаются инженерные сооружения (плотины, насыпи, дамбы) [3].

Во всех этих случаях горные породы называются *грунтами*. *Грунт* – это любая горная порода, почва, техногенные образования, используемые как основание, среда или материал для возведения зданий и сооружений [3].

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГОРНЫХ ПОРОД

При определении горной породы по внешним признакам основное внимание необходимо уделять строению (*структуре*) и сложению (*текстуре*). После того, как установлены особенности внутреннего строения горной породы, необходимо определить ее *твердость*. Затем рассматривается *минеральный состав*. Каждая группа горных пород характеризуется определенной группой основных минералов, присутствие которых в данной породе является *обязательным*. *Отсутствие хотя бы одного из основных минералов приводит к изменению названия горной породы*. Присутствие или отсутствие второстепенных минералов на название горной породы не влияет. Затем необходимо обратить внимание на цвет горной породы. Окраска горной породы обусловлена цветом минералов, входящих в состав горной породы. Таким образом, по цвету горной породы можно судить о ее минералогическом составе.

Определение горных пород необходимо начинать с «Ключа к определителю горных пород». Подробное описание горных пород дано в описательной части.

Ключ к определителю горных пород

- 1 **Структура зернистая.** Минералы слагающие горную породу, представлены зернами, ясно различимыми без помощи лупы
Образец оставляет царапину на стекле стр. 157
Состав неоднородный 157
Состав однородный 158
Не царапает стекло 159
- 2 **Структура порфировая.** На плотном фоне основной массы горной породы выделяются вкрапленники (порфиры) более или менее крупных зерен отдельных минералов 159
- 3 **Структура обломочная.** Порода состоит из обломков минералов различной величины, формы, цвета, сцементированных плотной массой
Состав разнородный 160

4	Структура оолитовая. Порода состоит из мелких сцементированных шариков округлой скорлуповатой формы. Оолиты имеют тот же минералогический состав, что и основная масса. Цвет оолитов несколько темнее основной массы	1
	Состав однородный	60
5	Текстура плотная. Порода характеризуется тесным расположением зерен в породе, без каких-либо свободных промежутков между ними	1
	Образец оставляет царапину на стекле	60
	Не царапает стекло	1
	Горит	61
	Не горит	1
		61
6	Текстура землистая. Порода легко растирается между пальцами	1
		62
7	Текстура пористая, ноздреватая, ячеистая	1
		62
8	Строение зернисто-сланцеватое (чередование зернистого и сланцеватого сложения)	1
		62
9	Текстура сланцеватая (легко колетса на плитки)	1
		63
1	Порода состоит из растительных остатков	1
0.		63
1	Порода состоит из остатков раковин морских животных	1
1.		63
2.	Несцементированные обломки. Обломки различной величины, формы, цвета находятся в несцементированной	

Определитель горных пород

1. Структура зернистая

*Образец оставляет царапину на стекле
Состав неоднородный.*

Березит. Цвет белый, светло-серый, желтоватый. Структура мелко-зернистая. Текстура массивная. Характерна рассеянная вкрапленность пирита.

Габбро. Основные минералы – серый и светло-серый плагиоклаз (от лабрадора до битовнита) и черный иногда с бронзовым оттенком пироксен, иногда роговая обманка, редко черная слюда – биотит. Пироксен представлен преимущественно авгитом. Кварц отсутствует. Второстепенную роль играют оливин и магнетит. Цвет темно-серый до черного. Порода тяжелая [37].

Гранит. Состоит из *полевого шпата* (зёрна красного, желтого, белого цвета, поверхности раскола ровные, гладкие), *кварца* (стекловидные зерна белого, серого, черного цвета, поверхности скола неровные), *слюды* (белая, черная поверхность, сильно блестящая, кончиком перочинного ножа легко расщепляется на тонкие пластинки), иногда роговой обманки (удлиненные зерна темно-зеленого или черного цвета). В породе преобладают зерна полевого шпата, каждое третье зерно является кварцем [37].

Диорит. Основной минерал – плагиоклаз и роговая обманка, реже пироксен (авгит) и черная слюда. Кварца нет или очень мало. Иногда встречается калиевый полевой шпат. Окраска диорита серая, темно-серая, зеленовато-серая. Структура мелко-тонкозернистая [37].

Нефелиновый сиенит. Основные минералы – полевой шпат и нефелин. Кварц отсутствует. Могут присутствовать в небольшом количестве роговая обманка, пироксены, черная слюда – биотит. Нефелин представлен зернами красновато-бурого, кирпично-красного или серого цвета с жирным блеском [37]. На выветренной поверхности наблюдается белёсая плёнка вторичных продуктов, при полном выщелачивании на месте зерен нефелина образуются характерные каверны и полости («спинная» поверхность). Порода

твердая.

Пегматит. Минералогический состав соответствует граниту. Структура гиганто-зернистая или пегматитовая.

Перидотит. Состоит из оливина и пироксена (авгита). Кварц и полевые шпаты отсутствуют. Оливин представлен желтовато-зелеными зернами с неровной поверхностью излома, пироксен – черными таблитчатыми зернами авгита с ровными плоскостями спайности. Цвет темно-зеленый, темно-серый или черный [37].

Состав однородный

Базальт. Цвет черный, темно-серый, выветренный базальт ржаво-бурого цвета. Основная масса плотная скрытокристаллическая или мелкозернистая, иногда стекловатая. Текстура массивная, реже пористая, пузыристая, шлакообразная. Порода тяжелая [37].

Диабаз. Тонкозернистая плотная порода. Цвет темно-зеленый. Излом неровный [37].

Дунит. Структура мелко- или среднезернистая. Тяжелый. Состоит из оливина. Цвет светлый желтовато-зеленый, чаще темно-зеленый до черного. Поверхности зерен гладкие. При выветривании покрывается с поверхности бурой корочкой.

Кварцит. Структура тонко- и мелкозернистая, с характерным «сахарным» изломом. Состоит из кварца. Цвет различный.

Песчаник. Грубый на ощупь. Представляет собой сцементированный песок. Цвет различный. Цемент различный. В отличие от кварцита имеет меньшую прочность.

Пироксенит. Цвет черный. Состоит из пироксена (авгита). Структура средне- и крупнозернистая. Тяжелый.

Не царапает стекло

Листвениит. Цвет яблочно-зеленый, серовато- или желтовато-зеленый. Сильный алмазный блеск. Структура равномерно-мелкозернистая. Текстура массивная или пятнистая.

Мрамор. Цвет различный. Излом зернистый. Состоит из кальцита. Бурно реагирует с 10%-ной HCl.

Серпентинит. Цвет желтовато-зеленый, темно-зеленый до черного, иногда желтый, буровато-красный, почти белый, часто наблюдается изменение окраски в разных частях образца. Структура мелкозернистая, листоватая, тонкочешуйчатая. Текстура массивная, полосчатая, пятнистая, плей-

чатая, параллельно-волокнистая. Излом неровный, занозистый.

2. Структура порфировая

На плотном фоне основной массы горной породы выделяются вкрапленники (порфиры) более или менее крупных зерен отдельных минералов

Андезит. Цвет темно-серый или черный. Порфиновые выделения представлены плагиоклазом, обычно свежим и белым (в отличие от порфиритов), хорошо заметным на общем сером фоне. Порода шероховатая на ощупь.

Кварцевый порфир. Цвет бурый, желтоватый, светло-серый, розоватый. Порфиновые вкрапленники представлены кварцем. Порода твердая.

Липарит. Цвет белый, желтоватый, светло-серый, розоватый. Основная масса скрытокристаллическая или стекловатая. Порфиновые вкрапленники представлены полевыми шпатами, кварцем и биотитом. Порода твердая.

Порфирит. Цвет темно-серый или темно-зеленый. Порфиновые вкрапленники плагиоклаза в отличие от вкрапленников андезита кажутся мутными, грязно-серыми.

3. Структура обломочная

Порода состоит из обломков минералов различной величины, формы, цвета, сцементированных плотной массой
Состав разнородный

Брекчия. Крупные остроугольные обломки (щебень, дресва) сцементированы в общую массу. Цемент различный.

Конгломерат. Крупные окатанные обломки (галька, гравий) сцементированы в общую массу. Цемент различный.

Песчаник. Грубый на ощупь. Представляет собой сцементированный песок. Цвет различный. Цемент различный. В отличие от кварцита имеет меньшую прочность.

4. Структура оолитовая

Порода состоит из мелких сцементированных шариков округлой скорлуповатой формы

Боксит. Цвет кирпично-красный, красно-бурый, розовый, белый. Цвет оолитов несколько темнее основной массы. Легкий. Средней твердости.

Оолитовый известняк. Цвет белый. Состоит из сцементированных мелких шариков. Вскипает при действии 10%-ной HCl.

5. Текстура плотная

Порода характеризуется тесным расположением зерен в породе,

без каких-либо свободных промежутков между ними

Образец оставляет царапину на стекле

Обсидиан. Стекловидный. Излом раковистый. Цвет черный, бурый, сургучный. Непрозрачный.

Опока. Цвет серый, желтоватый, зеленоватый, пятнистый, темно-серый и черный. Порода легкая, пористая – липнет к языку, крепкая. Излом раковистый, с острыми краями обломков.

Яшма. Окраска яркая, как однородная, так и многоцветная в одном куске. Твердость высокая. Излом ровный или раковистый. Осколки острые, с режущими краями. Блеск на свежей поверхности матовый.

Образец не царапает стекло

Серпентинит. Цвет желтовато-зеленый, темно-зеленый до черного, иногда желтый, буровато-красный, почти белый, часто наблюдается изменение окраски в разных частях образца. Структура мелкозернистая, листоватая, тонкочешуйчатая. Текстура массивная, полосчатая, пятнистая, плейчатая, параллельно-волокнистая. Излом неровный, занозистый.

Образец горит

Бурый уголь. Цвет бурый, черный. Пачкает руки. Порошок бурый, темно-бурый, коричневый.

Каменный уголь. Цвет черный. Плотный, но нередко хрупок, легко раскалывается по многочисленным трещинкам на толстые плитки или прямоугольные бруски. Черта черная.

Антрацит. Цвет черный со стально-серым, желтоватым (золотистым) или красноватыми оттенками. Блеск сильно металлический, иногда с пестрой побежалостью. Излом раковистый, полураковистый или неровный.

Образец не горит

Аргиллит. Порода камнеподобная, очень плотная. Отдельность остроугольно-кусковатая, с неровным изломом. Не размокает в воде.

Боксит. Цвет кирпично-красный, красно-бурый, розовый, белый. Глиноподобный, тощий на ощупь. Не дает с водой пластичной массы. Легкий.

Известняк. Цвет белый, светло-серый, желто-бурый, зеленоватый, темно-серый и черный. Порода каменистая, прочная. Текстура однородная, слоистая, иногда пористая, кавернозная. Твердость средняя. Излом неровный. Бурно вскипает в 10%-ной HCl.

Мергель. Порода каменистая, плотная, мелоподобная. Обладает

плитчатой отдельностью. Структура тонкозернистая. Текстура слоистая. Цвет белый, светло-серый, желтоватый или зеленоватый, темно-серый, буроватый или красноватый, иногда окраска пестрая, меняющаяся послойно. Твердость низкая или средняя. Бурно вскипает под воздействием 10%-ной HCl, образуя мутные пузыри, капля кислоты после реакции оставляет на его поверхности грязное пятно.

6. Текстура землистая

Порода легко растирается между пальцами

Диатомит. Цвет белый, светло-серый или желтоватый. Порода легкая, рыхлая, напоминает муку. Однородная или слоистая. С соляной кислотой не реагирует.

Трепел Цвет белый, светло-серый или желтоватый, темно-серый до черного. Твердость низкая. Порода рыхлая, пористая, землистая или кусковатая, но весьма слабо связанная. С соляной кислотой не реагирует.

Глина. В сухом состоянии землистая, кусковатая, легко рассыпается, в сыром состоянии липкая, пластичная, при высыхании твердеет. Цвет различный.

Мел. Цвет белый, сероватый, желтоватый или зеленоватый. Порода микрозернистая тонкопористая, мягкая, «тощая» на ощупь. Легко крошится и пачкает пальцы. Бурно реагирует с 10%-ной HCl.

7. Текстура пористая, ноздреватая, ячеистая

Базальт. Цвет черный, темно-серый, выветренный базальт ржаво-бурого цвета. Основная масса плотная скрытокристаллическая или мелкозернистая, иногда стекловатая. Текстура пористая, пузыристая, шлакообразная. Порода тяжелая.

8. Строение зернисто-сланцеватое

Чередование полос зернистого и сланцеватого сложения

Гнейс. Структура мелко-, средне- или грубозернистая, чешуйчато-зернистая. Текстура сланцеватая, параллельнополосчатая. По минеральному составу похож на гранит. От гранита отличается полосчатой текстурой.

Магнетитовый сланец. Магнетит (черный, магнитный), скреплённый кварцем [37].

Железистый сланец. Гематит (вишнёво-красный), скреплённый кварцем [37].

Слюдяной сланец. Белая или черная слюда, скреплённая кварцем [37].

Хлоритовый сланец. Чередуются слои, состоящие из хлорита зелено-го цвета с шелковистым блеском и кальцита белого цвета (вскипает при действии 10%-ной HCl) [37].

Серпентинит. Цвет желтовато-зеленый, темно-зеленый до черного, иногда желтый, буровато-красный, почти белый, часто наблюдается изменение окраски в разных частях образца. Структура мелкозернистая, листоватая, тонкочешуйчатая. Текстура массивная, полосчатая, пятнистая, пльочатая, параллельно-волокнистая. Излом неровный, занозистый.

9. Текстура сланцеватая

Легко колетя на плитки

Глинистый сланец. Цвет различный. Легко распадается на плитки. Не размокает в воде. Тусклый. Если подышать на него – издает землистый запах [37].

Горючий сланец. Легко распадается на плитки. В сухом виде порода загорается от спички и горит коптящим пламенем, испуская своеобразный запах, напоминающий запах битума (жженой резины).

Слюдяной сланец. Состоит из белой или черной слюды. Легко расщепляется кончиком перочинного ножа на тонкие упруго-гибкие пластинки [37].

Филлит. Легко распадается на плитки. Цвет серый, зеленоватый, красноватый, бурый, черный. Поверхности сланцеватости блестящие благодаря наличию тонких чешуек минерала *серицита* и имеют шелковистый блеск [37].

Хлоритовый сланец. Окраска породы – зеленая, различных оттенков, с шелковистым блеском. Легко раскалывается [37].

10. Порода состоит из растительных остатков

Торф. Цвет бурый, желтый. Состоит из изменённых растительных остатков. Очень легкий. В сухом состоянии загорается от спички [37].

11. Порода состоит из раковин морских животных

Известняк-ракушечник. Порода представляет скопление сцементированных ракушек. Бурно вскипает при действии 10%-ной HCl [37].

Коралловый известняк. Порода представляет скопление сцементированных рифовых построек кораллов: сетчатые, решетчатые, волокнистые. Бурно вскипает при действии 10%-ной HCl [37].

Нумулитовый известняк. Порода представляет скопление сцементированных остатков нуммулитов, имеющих округлую форму, напоминающих монету. Бурно вскипает при действии 10%-ной HCl.

Фузулиновый известняк. Порода представляет скопление сцемен-

тированных мельчайших остатков фузулин, имеющих продолговатую форму и напоминающих внешним видом и размерами зёрна ржи. Бурно вскипает при действии 10%-ной HCl [37].

12. Несцементированные (нескрепленные) обломки

Валун. Окатанные обломки различного состава и цвета размером больше кулака [37].

Галечник. Окатанные обломки различного состава и цвета размером от лесного ореха до кулака [37].

Глыба. Неокатанные остроугольные обломки различного состава и цвета размером больше кулака [37].

Гравий. Окатанные обломки различного состава и цвета размером от горошины до лесного ореха [37].

Дресва. Неокатанные остроугольные обломки различного состава и цвета размером от горошины до лесного ореха [37].

Песок. Обломки различного состава и формы размером меньше горошины [37].

Щебень. Неокатанные остроугольные обломки различного состава и цвета размером от лесного ореха до кулака [37].

МАГМАТИЧЕСКИЕ ГОРНЫЕ ПОРОДЫ

Магматические горные породы образуются в результате остывания и кристаллизации магмы, они также называются *изверженными* горными породами [38]. Магма может застывать в *глубине* земной коры под покровом вышележащих пород, *на земной поверхности* или *недалеко от поверхности*.

Магматические породы, образовавшиеся в глубоких недрах земли, называются *интрузивными*, или *глубинными* породами [38]. Интрузивные породы в зависимости от глубины застывания магмы разделяются на два вида:

- *абиссальные* породы, образовавшиеся на значительной глубине,
- *гипабиссальные* (полуглубинные) породы, которые затвердели на сравнительно небольшой глубине. По условиям залегания и структуре являются переходными от интрузивных пород к эффузивным [38].

При излиянии магмы на поверхность образуются *эффузивные*, или *излившиеся* породы [38]. Процесс излияния магмы на поверхность называется *эффузией*. При эффузии, в связи с изменением температуры и давления,

начинается бурное выделение газов, растворенных в магме, часто сопровождающееся взрывами. Магма, излившаяся на поверхность и потерявшая свою газовую составляющую, называется *лавой*. Выделяющиеся из лавы газы могут ее вспенивать, образуя многочисленные пузыри, сохраняющиеся при затвердевании вещества. Пузырьки газа, имеющие вначале правильные шаровидные очертания, в процессе движения лавы вытягиваются и приобретают удлинненную форму. Так образуется *пузырчатая текстура*.

В дальнейшем полости газовых пузырей могут быть заполнены минералами, образовавшимися не в процессе кристаллизации магмы, а вторичными, в результате выпадения из гидротермальных растворов, проникших в уже застывшую лаву. В результате на фоне темно-серой породы выделяются округлые, несколько вытянутые, напоминающие форму миндаля, светлые пятна включений таких минералов водного происхождения (кальцита или аморфного кремнезема). В связи с чем структура и получила название – *миндалевидная или миндалекаменная*.

Быстро снижающаяся температура лавы создает условия, при которых одновременно кристаллизуются многие минералы. Быстрое затвердевание вещества не позволяет кристаллам расти, и они образуются в виде мелких зачаточных форм, различимых под микроскопом. При этом значительная часть вещества лавы превращается в аморфную или стекловатую массу. Такая структура породы называется *скрытокристаллической*.

При очень быстром остывании лавы процесс кристаллизации может совсем не начаться, и тогда порода будет полностью состоять из вулканического стекла – *обсидиана*. Обычно это черная, темно-серая или красноватобурого (сургучного) цвета порода с раковистым изломом, очень похожая на темно-окрашенный кварц – морион, с характерной *стекловатой* структурой.

Эффузивные породы по *степени изменения* разделяются на две категории:

- сильно измененные породы носят название *палеотипных* (иногда их называют *палеовулканическими*),
- слабо измененные – *кайнотипные (неовулканические)* [38].

Эти названия связаны с тем, что измененные лавы и туфы имеют облик как бы древних пород (независимо от их действительного возраста), а слабо измененные – облик молодых пород [38].

Химическая классификация горных пород

Генетический принцип классификации горных пород дополняется классификационными признаками, относящимися к химическому и минеральному составу горных пород.

В основу химической классификации горных пород положено процентное содержание кремнекислоты SiO_2 . На этом основании принято условное разделение магматических пород на следующие группы:

- 1) ультраосновные менее – 45 % SiO_2 ;
- 2) основные – от 45 % до 52 % SiO_2 ;
- 3) средние – 52–65 % SiO_2 ;
- 4) кислые – 65–75 % SiO_2 ;

5) в отдельную группу выделяются *щелочные породы*, характеризующиеся значительным содержанием щелочей (до 20 %) и меньшим по сравнению с кислыми породами количеством SiO_2 (около 40–55 %).

Особенности внутреннего строения магматических горных пород: структура и текстура

Внутреннее строение горной породы характеризуется структурой и текстурой [38].

Под *структурой* горной породы понимают совокупность признаков, которые характеризуют степень ее кристалличности, абсолютный и относительный размер минеральных зерен, слагающих горную породу. Структура имеет важное значение для выяснения процессов образования магматических горных пород, т.к. главным образом зависит от условий кристаллизации магмы. На характер структуры оказывает влияние также состав магмы, определяющий порядок кристаллизации минералов [38].

По *степени кристаллизации* различают следующие структуры:

- 1) *полнокристаллические* – порода полностью состоит из кристаллов различных минералов;

2) *неполнокристаллические* – порода представляет собой стекловатую нераскристаллизовавшуюся массу, на фоне которой хорошо выделяется некоторое количество мелких кристаллов отдельных минералов;

3) *стекловатые* – все вещество породы представлено вулканическим стеклом.

Полнокристаллические структуры характерны для *интрузивных* *глубинных* и *полуглубинных* горных пород, *неполнокристаллические* и *стекловатые* структуры характерны для *эффузивных* горных пород [38].

По *абсолютному размеру минеральных зерен* различают структуры:

1) *гигантозернистые* – размеры минеральных зерен превышают 1 см;

2) *крупнозернистые* – размеры минеральных зерен колеблются от 1 до 0,3 см;

3) *среднезернистые* – размеры минеральных зерен от 0,3 до 0,1 см;

4) *мелкозернистые* – размеры минеральных зерен от 0,1 до 0,05 см;

5) *скрытокристаллические (афанитовые)* – размер минеральных зерен не различим даже в лупу [38].

Выявление структур по абсолютному размеру минеральных зерен имеет важное *генетическое значение*, так как *абсолютная величина кристаллов напрямую зависит от условий кристаллизации* [38]. Гигантозернистые, крупно-, средне- и мелкозернистые структуры характерны для *интрузивных* *глубинных* и *полуглубинных* горных пород, *скрытокристаллические* – для основной массы *эффузивных* горных пород [38].

По *относительному размеру минеральных зерен* различают структуры:

1) *равномернозернистые* – все зерна определенного минерала имеют одинаковые размеры;

2) *неравномернозернистые* – один и тот же минерал образует зерна разного размера.

Разновидностью *неравномернозернистых* структур являются *порфировидные* и *порфировые* структуры:

- *порфировая* – структура, в которой кристаллы отдельных минералов (порфиры) резко выделяются крупными размерами из основной массы. Характерна для *эффузивных* пород, в которых на *афанитовом* или очень мелкозернистом фоне выделяются крупные *вкрапленники* минеральных зерен (порфиры);

- *порфириовидная* – крупные вкрапленники минеральных зерен (порфиры) рассеяны на фоне основной мелко-, средне- или крупнозернистой массы.

Наличие подобной структуры указывает на специфические условия кристаллизации, вызвавшие усиленное развитие определенного минерала [38].

Среди *прочих* структур интрузивных пород выделяются следующие структуры:

- 1) пегматитовая;
- 2) пойкилитовая.

Пегматитовая структура образуется при одновременной кристаллизации двух минералов, закономерно прорастающих друг друга. Примером такой структуры является *письменный гранит*, или *еврейский камень*, при образовании которого происходила одновременная кристаллизация полевого шпата и кварца. Зерна кварца имеют форму узкого клина, уголка, треугольника, угловатой скобки, каплевидную, червеобразную. В целом они образуют рисунок, напоминающий древние письма, отсюда и название породы – *письменный гранит*, *еврейский камень* [33].

Пойкилитовая структура характеризуется прорастанием одного крупного минерала мелкими зернами других минералов [17].

Текстура характеризует сложение горной породы, т.е. отражает *расположение* минеральных зерен в породе. Образование текстур обусловлено как внутренними процессами кристаллизации магмы, так и влиянием внешних факторов.

Среди текстур, обусловленных *внутренними факторами*, различаются три главных вида:

- 1) массивная (однородная);
- 2) такситовая (шлифовая);
- 3) сферическая (шаровая).

Массивная текстура характеризуется тем, что в любой части породы зерна минералов располагаются равномерно и беспорядочно, без какой-либо ориентировки. Такое сложение породы возникает, когда условия кристаллизации магмы одинаковы на значительном пространстве. Самая распространенная текстура магматических горных пород.

Такситовая (шлифовая) текстура характеризуется тем, что отдельные участки породы отличаются друг от друга по составу или по структуре [17].

Образуется следующим образом:

1) Путем скопления в определенных участках минералов, выделившихся в первые этапы кристаллизации магмы. Такие скопления определенных минералов называются *шпирами* [17].

2) В результате захвата магмой обломков вмещающих пород, отличающихся по составу от магматической породы. Такие обломки чуждых пород, переработанные магмой, называются *ксенолитами* [17].

Сферическая (шаровая) по своей неоднородности близка к такситовой. Характеризуется тем, что минералы в породе располагаются в виде концентрических слоев, около некоторых центров. Образование текстуры связано с периодами перенасыщения магмы то одним, то другим компонентом, которые и отлагаются в виде слоев [17].

Под влиянием *внешних факторов* образуются *ориентированные* текстуры. В породах с *ориентированными* текстурами минеральные зерна располагаются параллельно какому-нибудь направлению [17].

Гнейсовидная текстура наблюдается в полнокристаллических интрузивных породах. Возникает под воздействием одностороннего давления, а также вследствие течения магмы вдоль контактовой поверхности, параллельно какому-нибудь направлению или плоскости [17].

Флюидальная текстура характерна для эффузивных пород. В породах с такой текстурой сохраняются направления течения лавы, в виде параллельного расположения микроскопических кристаллов [38].

По способу заполнения пространства выделяются следующие текстуры: плотная, пористая, миндалекаменная и др.

Плотная текстура характеризуется тесным расположением зерен в породе, без каких-либо свободных промежутков между ними [38].

Пористая характеризуется присутствием в породе пустот сферической или неправильной формы. Такая текстура встречается в эффузивных породах. Пустоты возникают от газов, выделившихся при кристаллизации [38].

В том случае, когда пустоты заполнены вторичными минералами, они носят название *миндалин* и текстура таких пород называется *миндалекаменной* [38].

ОПИСАНИЕ МАГМАТИЧЕСКИХ ГОРНЫХ ПОРОД

Группа ультраосновных пород

Группа перидотита (бесполевошпатовые горные породы ультраосновного состава – ультрабазиты, или гипербазиты)

Магматические горные породы ультраосновного состава характеризуются отсутствием кварца и полевого шпата. Содержат около 40–45 % SiO_2 . Богаты окислами железа и магния при полном отсутствии глинозема и щелочей. Все ультраосновные породы тяжелые, удельный вес около 3,0–3,4 г/см³ [33]. Состоят исключительно из цветных минералов: оливина, пироксена и роговой обманки. Окраска темно-зеленая, буровато-черная до черной. Второстепенными и акцессорными минералами являются: хромит, ильменит, самородная платина и др.

Ультраосновные породы преимущественно глубинные и представлены перидотитами, дунитами, пироксенитами и горнблендитами. Перидотиты, дуниты и пироксениты имеют интрузивное залегание и встречаются в виде штоков, образуя небольшие массивы. Излившиеся аналоги образуются редко. К ним относятся пикриты и пикритовые порфириды. На территории СНГ они встречены в Сибири, в бассейне реки Хатанги. Своеобразными породами, родственными пикритам, являются алмазонасные кимберлиты Якутии и ЮАР. Они состоят из обломков ультраосновных и вмещающих пород и минералов: оливина, диопсида, бронзита, флогопита, пирропа, хромита, ильменита, хлорита и др. [33]

По сравнению с другими магматическими породами ультраосновные имеют небольшое распространение, но очень важное промышленное значение. К ним приурочены все крупнейшие месторождения хрома (Кемпирсайский ультраосновный массив в Актюбинской области). С ультраосновными горными породами генетически связаны платина и металлы платиновой группы – иридий, осмий, палладий, родий, обособляющиеся в магме в виде шлировых выделений. С перидотитами связаны сульфидные руды никеля и меди [33].

В процессе выветривания ультраосновных пород образуются важные в промышленном отношении силикаты никеля – *ревденскит* и *гарниерит*. Силикатные никелевые руды расположены в Ревдинском и Уфалейском районах Среднего Урала и на Аккермановском месторождении Южного Урала

[33].

Важнейшим процессом вторичного изменения ультраосновных пород является *серпентинизация* – превращение оливина в серпентин (или змеевик). Все поверхностные выходы ультраосновных пород в той или иной степени изменены и часто полностью превращены в серпентин. Серпентин, возникший при изменении оливина, имеет *петельчатую* текстуру, а серпентин, образующий псевдоморфозы по ромбическим пироксенам, *крупнопластинчатую* [33]. Горные породы, состоящие из серпентина называются *серпентинитами*. Массивы серпентинитов, как правило, окружают выходы ультраосновных пород. Ультраосновные породы и продукты их изменения – серпентиниты – широко распространены на Урале. Некоторые уральские серпентиниты используются в качестве декоративного и поделочного камня.

Продуктами гидротермальной переработки ультраосновных пород являются важные в промышленном отношении месторождения асбеста, талька и магнезита. Крупнейшие месторождения асбеста на Урале (Баженновское), в Восточном Саяне (Ильчирское), на Северном Кавказе (Лабинское), месторождения талькового камня и магнезита (район Халилово на Южном Урале) генетически связаны с ультраосновными горными породами и залегают в серпентинитах [33].

Помимо содержания важных металлических и неметаллических руд, ультраосновные породы сами используются как огнеупорное сырье (дунит).

В крупных геологических структурах все ультраосновные породы входят в состав сложных интрузивных комплексов и тесно связаны с *основными* породами группы *габбро* и образуют промежуточные породы – габбро-перидотиты, габбро-пироксениты [33].

ДУНИТ – название по г. Дэн (Dun) в Новой Зеландии [35]. Структура мелко- или среднезернистая, реже крупнозернистая. Текстура массивная, часто афанитовая (плотная, «сливная»). *Минеральный состав*: состоит исключительно из одного оливина. Часто содержит магнетит, хромит, иногда платину. Цвет желтовато-зеленый, при разрушении оливина (серпентинизации) становится темно-зеленым и черным. Тяжелый. Удельный вес более 3 г/см³. Очень крепкая и вязкая глубинная магматическая порода. Имеет интрузивное залегание и встречается в виде штоков, образуя массивы небольшой площади.

Диагностика: темная окраска, отсутствие в составе породы полевого

шпата и кварца, высокий удельный вес. На поверхности выветривания дунит, как правило, покрыт желто-бурой железистой коркой (рис. 50).

С дунитами связаны многочисленные месторождения платины, никеля и кобальта. Дуниты Урала служат источником для образования платиноносных россыпей. Дунит как горная порода используется как огнеупорное сырье.

Ультраосновные горные породы и продукты их изменения – серпентиниты – широко распространены на Урале (Кытлымское месторождение дунита на Среднем Урале в 40 км от г. Карпинска), в меньшей степени в Восточном Саяне, Туве, на Северном Кавказе, в Закавказье [33].

ПЕРИДОТИТ. Название породы происходит от старого названия оливина «перидот» [33]. Структура полнокристаллическая, среднезернистая. Текстура массивная. Состоит из оливина и пироксена при преобладании оливина. Оливин присутствует в виде желтовато-зеленых зерен неправильной формы, пироксен таблитчатого вида, почти черный, с металловидным блеском. В породах нередко содержится хромит, магнетит и ильменит. Характерные, хотя редко встречающиеся минералы – алмазы и самородная платина [33]. Цвет темно-зеленый, темно-серый до черного. Удельный вес более 3 г/см³ (тяжелые). Порода твердая, очень крепкая и вязкая. Глубинная магматическая порода.

Формы залегания: интрузивные тела (массивы) небольшой площади, линзообразные и изометричные с крутым наклоном контактов, штоки.

Диагностика: темная окраска, отсутствие в составе породы полевого шпата и кварца, высокий удельный вес.

С перидотитами связаны сульфидные руды никеля и меди. Магнетитовые перидотиты содержат ванадий и титан и могут использоваться как природно-легированные железные руды. Неметаллические полезные ископаемые, связанные с продуктами изменения перидотитов, представлены тальком, тальково-карбонатными породами (тальковым камнем) и хризотил-асбестом. Кимберлитовые алмазоносные трубки генетически связаны с перидотитами.

Крупнейшие месторождения асбеста на Урале (Баженовское), в Восточном Саяне (Ильчирское), на Северном Кавказе (Лабинское), месторождения талькового камня и магнезита (район Халилово на Южном Урале). Силикатные никелевые руды расположены в Ревдинском и Уфалейском районах Среднего Урала и на Аккермановском месторождении Южного

Урал [33].

ПИРОКСЕНИТ – название получил по минеральному составу. Структура средне-крупнозернистая. Текстура массивная. В минеральном составе пироксен резко преобладает над оливином. Цвет черный. Удельный вес более 3 г/см³ (тяжелые). Порода твердая, крепкая. Глубинная магматическая порода. Пироксениты обычно окружают массивы существенно оливиновых пород – дунитов и перидотитов [33].

Диагностика: темная окраска, отсутствие в составе породы полевого шпата и кварца, ровные поверхности минеральных зерен пироксена (совершенная спайность авгита), высокий удельный вес.

Практическое значение: см. ультраосновные породы.

Группа основных пород

Группа габбро-базальта

(плагиоклазовые горные породы основного состава)

Магматические горные породы основного состава содержат около 45–52 % SiO₂. Цветных минералов в среднем около 45–50 %, поэтому основные породы темно-зеленого, иногда почти черного цвета. Все основные породы тяжелые, удельный вес их 2,6–3,27 г/см³. Они не содержат кварца и калиевого полевого шпата. Главными пороодообразующими минералами являются основной плагиоклаз и пироксен, реже оливин, роговая обманка и биотит. Глубинные основные породы представлены габбро, норитами и лабрадоритами. К излившимся основным породам относятся базальт и диабаз [33].

ГАББРО. Название по местности в Северной Италии [35]. Структура полнокристаллическая, мелко-, средне- или крупнокристаллическая, порфировидная (*порфировидное габбро*). Текстура массивная (*массивное габбро*), полосчатая (*полосчатое габбро*). Минеральный состав: плагиоклаз (от лабрадора до анортита), пироксен (преимущественно авгит). Иногда присутствует оливин (*оливиновое габбро*) и роговая обманка (*роговообманковое габбро*). Кварца нет. Из аксессуарных минералов могут присутствовать магнетит, титаномагнетит, ильменит, хромит, апатит, шпинель, корунд, гранат [35]. Цвет темно-зеленый, темно-серый или черный. Порода тяжелая: удельный вес более 3 г/см³. Крепкие и очень прочные: временное сопротивление сжатию от 2 000 до 2 800 кг/см². Глубинная магматическая порода.

Формы залегания: штоки, линзы, интрузивные залежи и дайки. Отдельность пластовая или глыбовая.

Диагностика: ассоциация плагиоклаза и пироксена или роговой обманки при отсутствии кварца и ортоклаза. Темная окраска.

С интрузиями габбро генетически связаны титаномagnetитовые руды, например, Кусинское месторождение в Челябинской области. К основным интрузиям приурочены промышленные сульфидные руды никеля и меди (пирротин, пентландит, халькопирит). Горная порода габбро применяется как строительный камень и материал для наружной облицовки стен зданий, лестниц и т.п. [33].

Интрузии габбро широко распространены на Среднем Урале, в районах Нижнего Тагила и Екатеринбурга, в меньшей степени – на Кавказе, в Карелии, в Забайкалье (Витимское плоскогорье) и др.

БАЗАЛЬТ – от эфиопского «*basal*» – железосодержащий камень [35]. Структура скрытокристаллическая, стекловатая, порфиристая или афировая, мелкозернистая. Текстура массивная, реже пористая, пузыристая, шлакообразная. Минеральный состав различим под микроскопом: нераскристаллизованное вулканическое стекло, густо пропитанное мелкими частицами магнетита, микроскопические выделения основного плагиоклаза, пироксена и оливина, реже – роговой обманки [33; 35]. Цвет темный: темно-серый или черный. Удельный вес близок к 3 г/см³. Порода твердая.

Разновидности: траппы – базальт с пластовой отдельностью, долерит – крупнозернистый базальт, миндалекаменный базальт (мандельштейн) – базальт, в котором поры заполнены минералами из низкотемпературных растворов (агатом, халцедоном, сердоликом, мелкокристаллическим кварцем, иногда аметистом и др.).

Происхождение вулканическое. Базальты залегают в виде покровов, потоков и куполов, мощность которых на платформах составляет более 1 км, а площади распространения – сотни тысяч км².

Диагностика: для базальта – черная окраска, прочность и вязкость породы, столбчатая, шестигранно-призматическая форма отдельности. Базальт можно спутать с андезитом. Отличие: андезит более шероховатый на ощупь.

Такие полезные ископаемые, как Cu, Ni, Ti, V, Pt, Pd, связаны с базальтами и их производными [35]. С траппами связаны уникальные Cu-Ni месторождения Норильского района. В последние годы траппы с аналогич-

ным оруденением установлены на Тариме и в Казахстане [35]. С трапшами связан ряд промышленных типов месторождений оптического исландского шпата, железных руд (Ангаро-Илимское в Восточной Сибири), высококачественного графита (результат метаморфизма каменных углей в контакте с трапшами: м-ие Курейка в Тунгусском бассейне), самородной меди, медно-никелевых сульфатных руд. Базальтовые *мандельштейны* – один из главных источников получения самоцветных камней – агатов, опалов, сердоликов. Базальтовое литье используется для изготовления кислотоупорных труб, химической аппаратуры и т.п., из трапшов и диабазов делают брусчатку для мощения улиц [33; 35].

Базальты распространены на Алтае, Камчатке, в Армении, Украине, Италии, Исландии. Трапшы широко развиты на Сибирской платформе между Леной и Енисеем.

ДИАБАЗ. Структура тонкозернистая. Текстура плотная, массивная. Минералогический состав без микроскопа неразличим [33]. Соответствует минералогическому составу габбро. Цвет темно-зеленый, тёмно-серый до чёрного. Удельный вес около 3 г/см³. Палеотипная вулканическая порода.

Диагностика: плотное тонкозернистое строение, неровный излом. Диабазы в отличие от базальтов более сильно изменены вторичными процессами, в них интенсивно развиты хлоритизация, уралитизация, сюзюризация, альбитизация [33]. Благодаря развитию уралита и хлорита они имеют темно-зеленый цвет, поэтому относятся к зеленокаменной фазе.

Формы залегания диабазов – дайки, силы, интрузивные залежи, покровы.

Диабазы распространены на Урале, в Карелии, в ряде мест Сибири, на Кавказе, Украине [33].

Габброидные породы, базальты и диабазы используются как строительный материал (щебень), брусчатка для мощения улиц и в камнелитейной промышленности.

Группа средних пород

Группа диорита-андезита

(плагноклазовые горные породы среднего состава)

Группа магматических горных пород среднего состава включает в себя небольшое число разновидностей интрузивных пород, которые имеют

ограниченное распространение в природе: их доля во всей массе магматических горных пород составляет 1,8 % [33]. По сравнению с основными содержат больше кремнекислоты (52–65%) и меньше цветных минералов (около 25 %). Удельный вес около 2,7–2,9 г/см³. Главными породообразующими минералами являются средний плагиоклаз и роговая обманка, реже биотит, пироксен и кварц. В группе средних пород преобладают излившиеся породы над глубинными. Глубинные породы представлены диоритами, излившиеся – андезитами и порфиридами [33]. По внешним признакам средние породы похожи на некоторые разновидности пород группы габбро. Точное разграничение возможно только под микроскопом. В диоритах содержание темноокрашенных минералов – 30–35 %, представлены роговой обманкой, а в габбро – 30–50 %, представлены пироксеном. От кислых эффузивов отличаются отсутствием кварца и более темной окраской. Характерно развитие шлаковых и миндалекаменных разностей. Андезиты и порфириты несколько светлее, чем базальты и диабазы [33].

ДИОРИТ. Название от греческого «различаю» [35]. Структура кристаллически-зернистая, чаще всего мелкозернистая, редко порфировидная. Текстура массивная. Минеральный состав: плагиоклаз (50–60 %) таблитчатой формы серо-белого или зеленоватого цвета, роговая обманка (30–35 %). Иногда присутствует пироксен или биотит, возможно содержание кварца до 10 %. Акцессорные минералы: апатит, титанит, магнетит [35]. Цвет серый, темно-серый до черного, иногда с зеленоватым оттенком за счет продуктов изменения. Порода твердая, прочная.

Происхождение магматическое: при дифференциации магмы основного (габброидного) состава. Залегают в виде небольших массивов, штоков, жил.

С диоритами связаны месторождения меди и полиметаллов, но значение их в процессах рудообразования невелико [35]. Употребляются в качестве облицовочного материала, как щебень и бутовый камень.

Диагностика: диорит можно спутать с диабазом. *Отличие:* в диорите зернистость визуально более различима.

Месторождения облицовочных диоритов известно в районе Алушты (Крым). Диориты встречаются на Урале, Алтае, в Закавказье и других местах [35].

АНДЕЗИТ. Название по горной цепи Анд в Южной Америке [35].

Структура порфирировая или афировая с афанитовой основной массой. Текстура массивная, однородная или пористая, пузыристая, шлаковая. Минеральный состав: нераскристаллизованное вулканическое стекло с вкрапленностью мелких зерен магнетита [35]. Порфирировые выделения могут быть представлены темноцветными минералами (суммарное содержание темно-цветных минералов обычно меньше, чем в базальтах), плагиоклазом. Кварц не характерен. Цвет серый, темно-серый до черного, в типичных разностях более светлый, чем у базальта [35]. Удельный вес 2,8–2,9 г/см³ (реже до 3). Твердость высокая.

Происхождение магматическое эффузивное.

Форма залегания: лавовые потоки с глыбовой поверхностью, дайки, интрузивные залежи.

Диагностика: можно спутать с базальтом. Отличие: порода на ощупь более шероховатая.

Практическое значение: к зонам распространения андезитов и их туфов приурочены некоторые типы гидротермальных месторождений золота и серебра, связанные с сульфидами железа, цинка, свинца. Как горные породы используются в качестве кислотоупорных материалов.

Особенно широко распространены в областях молодой вулканической деятельности.

Месторождения: среди излияний андезитовых лав современных вулканов Камчатки и Курильских островов, Кавказ, Крым (Карадаг), Закарпатье, Дальний Восток [33].

ПОРФИРИТ (или *андезитовый порфирит*) по составу, строению и формам залегания аналогичен андезитам, но представляет собой сильно измененные породы. Цвет темно-серый или темно-зеленый.

Диагностика: порфирировые вкрапленники плагиоклаза в отличие от вкрапленников андезита кажутся мутными, грязно-серыми.

Практическое значение: кислотоупорный материал, строительное дело. В результате метаморфических преобразований андезиты, порфириты и их туфы приобретают зеленоватую окраску и становятся труднораспознаваемыми – это так называемые *зеленокаменные породы*, широко распространенные на Урале и Казахстане [33, 35].

Порфириты широко развиты среди зеленокаменных пород в областях развития древних вулканических толщ (Урал, Алтай, Восточная Си-

бирь, Дальний Восток, Средняя Азия и др.).

Группа кислых пород

Группа гранита – риолита

(кварцево-полевошпатовые горные породы кислого состава)

Магматические горные породы кислого состава характеризуются высоким содержанием кремнекислоты (выше 65%), незначительным содержанием цветных компонентов (3–12 %) и общей светлой окраской. Удельный вес 2,7 г/см³. Главными породообразующими минералами кислых пород является кварц, калиевый полевой шпат, биотит, реже мусковит и роговая обманка [33]. Глубинные породы кислой магмы широко распространены и встречаются гораздо чаще излившихся. К ним относятся *граниты* и близкие к ним по составу, структуре и геологическому положению переходные породы к кварцевым диоритам, которые, согласно Ф.Ю. Левинсону-Лессингу, объединяются под общим названием *гранитоидов* [33]. Гранитные породы в складчатых областях образуют огромные батолиты, штоки и дайки различных размеров.

ГРАНИТ. Название от лат. «*granum*» – зерно. Структура кристаллически-зернистая, в зависимости от размера зерен полевых шпатов и кварца: мелкозернистая (1–2 мм), среднезернистая (3–5 мм) или крупнозернистая (до 1 см и более). Нередко порфириовидная. Текстура массивная. Минеральный состав: полевые шпаты – 60–65 % (ортоклаз и плагиоклаз), кварц 25–30 % и темноцветные минералы – 5–10 % (биотит, реже – роговая обманка). Кварц ксеноморфен, встречается в виде серых, белых или дымчатых зерен со стекляннным блеском. Полевые шпаты таблитчатой или неправильной формы белого, серого, розового до мясо-красного цвета. Полевые шпаты представлены микроклином, ортоклазом и кислым плагиоклазом. Биотит образует мелкие пластинчатые кристаллы черного цвета. Наиболее распространенными являются граниты с биотитом – биотитовые граниты, реже встречаются биотит-мусковитовые (двуслюдяные) и мусковитовые граниты. Наряду с биотитом в гранитах иногда присутствует роговая обманка. Цвет гранитов зависит от цвета полевого шпата: серый, желтоватый, розовато-серый до розового и мясо-красного. Твердость высокая. В свежем виде гра-

ниты весьма крепкие породы: временное сопротивление сжатию 1 200–1 800 кг/см² [35]. Отдельность матрацевидная.

По структурно-текстурным особенностям различают следующие разновидности: *порфировидный гранит* – содержит удлиненные вкрапленники ортоклаза или микроклина и кварца, отличающиеся по размерам от минералов основной массы (иногда достигают 5–10 см), *пегматоидный гранит* – равномернозернистая гранитная порода с размером минеральных зерен полевого шпата и кварца 2–3 см, *гнейсовидный гранит* – равномерно- и мелкозернистый гранит, в котором наблюдается общая грубопараллельная ориентировка чешуек слюды или призматических зерен роговой обманки, *рапакиви*, или *финляндский гранит* – порфировидный гранит, в котором обильные округлые вкрапленники красного ортоклаза величиной 3–5 см окружены каймой серого или зеленовато-серого олигоклаза, а основной массой служит агрегат зерен ортоклаза, плагиоклаза, кварца, биотита и роговой обманки. Они сравнительно легко разрушаются при выветривании, отсюда и происходит их название («*рапакиви*» – в переводе с финского «гнилой камень»). Широко используются как красивый облицовочный материал (рис. 51).

На Урале встречаются гранитоидные породы, по внешнему виду не отличающиеся от гранитов. Особенностью их состава является почти полное отсутствие калиевого полевого шпата. Такие породы получили название в нашей стране *плагиогранитов* [33; 35].

Происхождение магматическое: продукт кристаллизации кислой магмы в глубинных зонах земной коры. Многие ученые считают, что часть древних гранитов образовалась не путем внедрения и кристаллизации кислой магмы, а путем гранитизации. Под *гранитизацией* понимается метасоматическое преобразование осадочно-метаморфических пород под влиянием магматогенных растворов в глубоких зонах земной коры [33; 35].

С гранитной магмой генетически связаны пегматитовый, пневматолитовый и гидротермальный процессы минералообразования и рудообразования. С гранитами связано большинство месторождений олова, вольфрама, молибдена, висмута, тантала, бериллия и др. Как горные породы применяются в строительстве в виде щебня, бутового камня, в качестве облицовочного материала, в скульптуре. Гранит наиболее широко распространенная в земной коре изверженная порода.

Месторождения: Бердяушский массив гранита-рапакиви в Башкирии, Украина, Карелия, Ю. Якутия и др. Наибольшей славой пользуются граниты Украины и Карелии. На Украине граниты разрабатываются в Житомирской (Лезниковское, Крошнянское, Соколовогорское), Винницкой (Жежелевское), Киевской и др. областях. Ими облицованы многие здания Москвы, в Челябинске – здание областного краеведческого музея, железнодорожный вокзал. Граниты Карелии разрабатываются в основном по восточному побережью Онежского озера.

ЛИПАРИТ. Название по Липарским островам в Италии, синоним – *риолит* (от лат. «*рео*» – теку, за флюидальную текстуру) [35]. Является слабо измененным излившимся аналогом гранита. Измененные (палеотипные) разновидности липарита носят название *кварцевого порфира*. Порода плотная или пористая с мелкими вкрапленниками зерен кварца, полевых шпатов. Структура порфировая. Основная масса скрытокристаллическая или стекловатая. Порфировые вкрапленники представлены полевыми шпатами, кварцем и биотитом. Липариты могут иметь флюидальную текстуру. Цвет липаритов зависит от цвета основной массы, обычно белый, желтоватый, светло-серый, розоватый. Минеральный состав соответствует граниту. Порода твердая.

Диагностика: липарит больше всего похож на кварцевый порфир. Отличается тем, что поверхность кристаллов полевых шпатов в липарите большей частью блестящая, а в кварцевом порфире – матовая.

Происхождение магматическое (вулканическое).

Практическое значение: строительный камень.

Липариты встречаются на Сев. Кавказе (район Минеральный вод и Пятигорска, горы Машук, Бештау, Кинжал, Змейка, Железная и др.), в Крыму (Карадаг), Армении, Азербайджане, на Камчатке (современные вулканы) [33; 35].

КВАРЦЕВЫЙ ПОРФИР. Сильно измененный палеотипный аналог гранита. Структура порфировая. Порфировые вкрапленники представлены кварцем. Текстура массивная. Цвет бурый, желтоватый, светло-серый, розоватый. Минеральный состав соответствует граниту. Порода твердая.

Диагностика: от липаритов отличается степенью измененности.

Происхождение магматическое (вулканическое). Залегает в виде потоков, покровов.

Строительный материал. Некоторые алтайские кварцевые порфиры используются как декоративный материал. Месторождения известны на Южном Урале, Алтае и др.

ОБСИДИАН. Название от лат. «камень Обсиуса», по имени римлянина, который впервые вывез породу из Эфиопии [33; 35]. Структура стекловатая. Текстура однородная или пятнистая, полосчатая, флюидальная или брекчевидная. Обсидиан – кислое вулканическое стекло, содержащее более 70 % SiO_2 и не более 1 % H_2O [35]. Цвет серый, черный, красновато-бурый. Блеск стеклянный, глянцевый. Излом раковистый. Твердость высокая (царапает стекло). Удельный вес 2,2 г/см³.

Диагностика: обсидиан можно спутать с морионом. *Отличие:* обсидиан непрозрачный.

Происхождение вулканическое, результат быстрого остывания лавы кислого состава.

Древние люди считали, что обсидиан – продукт деятельности самой преисподней, поэтому в Закавказье местное название породы в переводе звучит как «обломки когтей самого сатаны». В Америке некоторые разновидности этого цветного камня называют слезы апачей.

Практическое значение: поделочный и декоративный камень. Порода известна человечеству с глубокой древности, являлась объектом широкой торговли и обмена. Особо ценились острые края обломков при изготовлении предметов военного и мирного назначения – наконечников стрел и копий, ножей.

Месторождения: в районах развития молодого кислого вулканизма (Дальний Восток, Закавказье, Закарпатье и др.).

Щелочные горные породы

Характеризуются повышенным содержанием калия и натрия по отношению к алюминию. В их составе не хватает кремния для образования алюмосиликатов типа полевых шпатов, поэтому для щелочных пород характерно содержание нефелина. При резком недостатке кремния породы можно было бы отнести к ультраосновным, так как содержание SiO_2 в них доходит до 35 %, чаще 40–50 % [33]. Но по своему минеральному составу породы резко отличаются от обычных ультраосновных пород – перидотитов и дунитов. Щелочные породы обычно светлоокрашенные и имеют неболь-

шой удельный вес: 2,7–2,8 г/см³. Имеют небольшое распространение: примерно 0,4 % от всех магматических пород, но очень важное практическое значение. С щелочными породами генетически связаны месторождения апатита, нефелина, корунда, различных силикатов циркония и магнетитовых руд. Пегматиты щелочных интрузий богаты редкими и редкоземельными элементами (циркон, монацит, пирохлор, эвдиалит и др.) [33].

НЕФЕЛИНОВЫЙ СИЕНИТ. Назван по составу (сиенит, содержащий нефелин) [37]. Структура полнокристаллическая, средне-, крупнозернистая. Текстура массивная, полосчатая. Состав: калиевые полевые шпаты (60–70 %), нефелин (20 %), темноцветные минералы (эгирин, щелочные амфиболы, иногда биотит). Акцессорные минералы: апатит, сфен, циркон, эвдиалит, астрофиллит и др [33]. Нефелиновые сиениты отличаются *непостоянством химического и минерального состава*, вследствие чего различают следующие разновидности: *хибинит* – крупнозернистый нефелиновый сиенит пегматоидной структуры, *фойяит* – роговообманковый или пироксеновый нефелиновый сиенит), *мариуполит* – разновидность богатая альбитом и почти не содержащая калиевого полевого шпата, *миасскит* – слюдяной (биотитовый) нефелиновый сиенит с параллельно-полосчатой текстурой (рис. 52).

Щелочные породы могут быть также представлены разностями, состоящими только из нефелина и эгирина. Порода, содержащая до 15 % эгирина называется *уртит*. Цвет светло-серый с зеленоватым или красновато-желтоватым, на выветренной поверхности часто с голубоватым оттенком. Порода твердая, прочная, твердость более 5. Удельный вес 2,5–2,8 г/см³. Происхождение магматическое глубинное. Продукт кристаллизации щелочной магмы [33; 35].

Диагностика: светлая окраска, ассоциация полевых шпатов и нефелина, отсутствие кварца, на выветренной поверхности нефелиновых сиенитов характерны углубления («оспинки»), образующиеся при разрушении нефелина, который в отличие от полевого шпата и кварца легче поддается химическому выветриванию.

Практическое значение обусловлено высоким содержанием нефелина. При содержании Al₂O₃ более 23% нефелиновые сиениты становятся рудой на алюминий. С ними связаны важные месторождения апатита, редкоземельных элементов, циркона, титановых руд.

Месторождения: крупнейшая щелочная провинция мира Хибинские горы на Кольском п-ове, Ильменские и Вишневые горы на Урале, Украина, Туркестанский хребет в Средней Азии, Восточный Саян, на Дальнем Востоке.

Жильные горные породы

Различные по составу интрузии часто сопровождаются образованием жильных пород. Особенно распространены жильные породы кислой магмы. Жильными они называются потому, что встречаются преимущественно в виде жил и даек, выполняющих трещины как в интрузивных породах, так и в породах кровли. Химический и минеральный состав жильных и интрузивных пород часто сходный, так как жильные породы обычно являются гипабиссальной фацией интрузивных пород [33].

Жильные породы *порфировой* структуры, в основном *мелкозернистые*, называются *гранит-порфирами*, *сиенит-порфирами*, *габбро-порфиритами* в зависимости от состава [33].

Лейкократовые («лейко» – светлый, белый, приставка к названию магматических горных пород, указывающая, что порода состоит преимущественно из светлоокрашенных минералов по сравнению с нормальным типом соответствующей породы) мелкозернистые породы, в которых преобладают светлые минералы, называются *аплитами* [33]. Аплиты состоят из кварца, калиевого полевого шпата и кислого плагиоклаза, иногда содержат мусковит. Окраска их белая, розовая до мясо-красной [33]. Светлые крупнозернистые жильные породы называются *пегматитами*. Наиболее распространены гранитные пегматиты, и меньше – щелочные пегматиты.

Меланократовые жильные породы, состоящие в основном из темноцветных минералов (роговой обманки, биотита и пироксенов), называются *лампрофирами*. Это мелкозернистые плотные породы темно-зеленого или черного цвета. С лампрофирами часто бывает связано оруденение [33].

ПЕГМАТИТ ГРАНИТНЫЙ. Название от греческого «*крепкая связь*», по свойственным пегматитовой структуре тесным взаимопрорастаниям кварца и полевого шпата. Главные типы структур: гранитовая, письменная (собственно пегматитовая), блоковая.

Пегматит *гранитовой структуры* – это крупно- или грубозернистая гранитная порода, в которой полевой шпат образует изометричные зерна

размером 1–3 см, кварц располагается между ними.

В пегматите *письменной структуры* кварц образует систему восточков внутри относительно крупных моноблоков полевого шпата. Размер кварцевых восточков от долей миллиметра до нескольких сантиметров. Они имеют форму узкого клина, уголка, треугольника, угловатой скобки, каплевидную, червеобразную. В целом они образуют рисунок, напоминающий древние письмена (рис. 53).

Пегматит *блоковой структуры* характеризуется относительно крупными мономинеральными обособлениями (блоками) полевого шпата и кварца размером обычно от 10 до 30 см и более.

Главные типы текстур: массивная, участковая и зональная. *Участковая текстура* характеризуется распределением структурных разновидностей пегматитов в виде различных по форме участков, *зональная* – в виде параллельных полос (зон). Главные минералы: полевые шпаты и кварц в соотношениях 2:1 или 3:1, второстепенные – биотит, мусковит, турмалин и др. Некоторые пегматиты содержат пустоты (*занорыши*) с выросшими на их стенках кристаллами топаза, берилла, горного хрусталя.

Цвет пегматита зависит от цвета полевого шпата: белый, серый, розовый, желтоватый, зеленый (амазонитовый).

Диагностика: крупнозернистая и гигантозернистая структура, графические разности, жильная форма залегания.

Практическое значение: по характеру рудоносности гранитные пегматиты подразделяются на четыре типа: редкоземельный, мусковитовый, редкометальный и хрусталеносный. Служат важнейшими источниками керамического сырья, пьезооптических минералов, слюды, самоцветов, редких металлов (лития, тантала, цезия, бериллия и др.).

Месторождения: Вишневогорское в Челябинской области, Карелия, Забайкалье, Восточная Сибирь.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 9

Определение магматических горных пород

Цель: овладеть визуальным (макроскопическим) методом диагностики магматических горных пород по структурно-текстурным особенностям внутреннего строения.

Оборудование: рабочая коллекция магматических горных пород, пред-

метные стекла.

Задание 1. Определить и описать по плану:

- а) группы *кислых* и *щелочных* магматических горных пород;
- б) группы *основных* и *средних* магматических горных пород;
- в) группу *ультраосновных* магматических горных пород.

Задание 2. Выявить основные различия в минералогическом составе кислых и щелочных горных пород.

Задание 3. Установить основные диагностические признаки основных и средних горных пород.

Задание 4. Выявить основные диагностические признаки глубинных и эффузивных магматических горных пород.

Задание 5. Выделить основные типы полезных ископаемых, связанных с магматическими горными породами.

Ход работы

При диагностике горной породы основное внимание уделяют структурно-текстурным особенностям и ее минеральному составу. Полнокристаллические структуры характерны для интрузивных глубинных и полуглубинных горных пород, неполнокристаллические и стекловатые структуры – для эффузивных горных пород. Тип структуры по абсолютной величине кристаллов определяется по преобладающим размерам кристаллов, а не по отдельным минеральным зернам. Например, если преобладают зерна размером 2 мм над отдельными зернами в 4–5 мм, структура называется *среднезернистой*, если преобладают последние над первыми – *крупнозернистой*. Гигантозернистые, крупно-, средне- и мелкозернистые структуры характерны для интрузивных глубинных и полуглубинных горных пород, скрытокристаллические – для основной массы эффузивных горных пород.

Основные виды текстур *магматических горных пород* следующие:

- 1) *массивная* – характеризуется беспорядочным расположением минералов в массе породы;
- 2) *пятнистая* – образуется при неравномерном распределении светлых и темных минералов в объеме породы;
- 3) *полосчатая* – темные и светлые минералы концентрируются в виде чередующихся полос;
- 4) *пузыристая* – характеризуется наличием пустот от пузырьков газа.

В зависимости от размеров и количества полостей в породах различают *пузыристые* и *пенистые* текстуры;

5) *миндалекаменная* – поры и пустоты в горной породе благодаря вторичным процессам минералообразования заполняются каким-либо минералом (чаще всего кальцитом или разновидностями кремнезема);

6) *флюидальная* – со следами течения вещества в виде потокообразного расположения кристаллов и стекла.

У каждой глубинной магматической горной породы имеются излившиеся аналоги, тождественные по химическому и минералогическому составу и отличающиеся лишь условиями образования и в соответствии с этим – строением (табл. 8).

Таблица 8

Классификация магматических горных пород

Степень кислотности (%)	Характерные минералы	Окраска	Удельный вес	Глубинные (структура зернистая)	Излившиеся (структура порфировая)	
					неизмененные (полевые шпаты, большей частью блестящие)	измененные (полевые шпаты, большей частью тусклые)
Кислые выше 65 %	Много полевого шпата (65–70 %) и кварца (25 %); Темноцветных минералов мало (5–10 %)	светлая	средний	гранит	липарит	кварцевый порфир
Средние 52–65%	Кварц отсутствует или его очень мало (10 %). Основной минерал – плагиоклаз (50–60 %). Темноцветных минералов до 35 %	темная	средний	диорит	андезит	порфирит
<i>Щелочные</i> 40–50 %	Основной минерал полевой шпат и нефелин. Кварц отсутствует. Темноцветных минералов до 15 %	светлая	средний	нефелиновый сиенит		
Основные 45–52 %	Кварц отсутствует. Основной минерал – плагиоклаз, пироксен. Темноцветных минералов до 40 %	темная	тяжелый	габбро	базальт	диабаз
Ультраосновные 40–45 %	Кварц отсутствует. Полевой шпат отсутствует. Основной минерал – оливин	темная	тяжелый	дунит		
	Основные минералы – оливин, пироксен.	темная	тяжелый	перидотит		
	В основном состоит из минералов группы пироксена	темная	тяжелый	пироксенит		

План описания магматических горных пород:

1. Название
2. Структура
3. Текстура
4. Цвет
5. Минеральный состав
6. Твердость
7. Удельный вес
8. Разновидности (если есть)
9. Происхождение
10. Практическое значение. Применение
11. Месторождения (МПИ)
12. Диагностика

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. В чем заключается практическое значение изучения магматических горных пород?
2. Что понимается под структурой магматических горных пород?
3. Что показывает текстура магматических горных пород?
4. Почему выявление структур по абсолютному размеру минеральных зерен является важным генетическим признаком?
5. Какие полезные ископаемые связаны с ультраосновными горными породами?
6. Какие полезные ископаемые связаны с щелочными горными породами?
7. Какие полезные ископаемые связаны с кислыми горными породами?
8. Что означает понятие «пустая порода»?
9. Чем обусловлен цвет гранита?
10. Какое современное практическое значение имеет базальт как горная порода?

ОСАДОЧНЫЕ ГОРНЫЕ ПОРОДЫ

Осадочные горные породы образуются в результате разрушения и последующего отложения продуктов выветривания магматических, метаморфических и осадочных горных пород [33].

В поверхностной зоне литосферы под влиянием колебаний температуры, воздействий воды, ветра, деятельности живых организмов происходит разрушение горных пород. Процесс, представляющий собой совокупность действия физического разрушения и химического разложения горных пород, называется *выветриванием* [33]. Различают физическое (или механическое) и химическое выветривание. Физическое выветривание заключается в механическом разрушении горных пород, химическое выветривание представляет собой химическое разложение минералов и образование новых продуктов, устойчивых в зоне выветривания [33]. Процессы физического и химического выветривания взаимосвязаны и протекают одновременно, но в зависимости от физико-географических условий может преобладать либо физическое, либо химическое выветривание [33].

Продукты выветривания могут оставаться на месте своего разрушения. В этом случае в результате физического выветривания образуются *элювиальные отложения*, а в результате химического – *остаточные образования* [33].

Основная же масса продуктов разрушения горных пород переносится поверхностными текучими водами. Водные потоки переносят продукты выветривания в виде твердых частиц и в растворенном состоянии. В связи с этим и отложение материала происходит в виде твердых *механических осадков* и в результате выпадения из раствора (*химические и биохимические осадки*). Но отложенные осадки еще не являются горными породами. Они должны пройти стадию уплотнения и цементации – *диагенеза*.

Классификация осадочных горных пород

Классифицируются осадочные горные породы по генетическому и минералогическому признакам. По генетическим признакам, т.е. по условиям образования, все осадочные горные породы подразделяются на три группы:

1. *Обломочные (механические или класические) породы.* Образуются из механических осадков. Классификация обломочных пород основана на величине и форме обломков и степени их сцементированности. Поэтому *осадочные обломочные породы одного и того же названия (глыба, валун, щебень, галечник, дресва, песок и т.д.) могут иметь различные химический и минеральный состав.* Обломочные осадочные породы составляют 1,7 % от объема земной коры [33; 38].

2. *Химические (хемогенные) породы.* Образуются из химических осадков истинных или коллоидных растворов. Выпадение осадка из растворов зависит главным образом от концентрации растворенных солей и температуры раствора. К химическим породам относятся также *глинистые породы* (породы коллоидального происхождения). В отличие от обломочных *глинистые породы состоят не из обломков магматических, метаморфических и осадочных пород, а из новых минералов,* образовавшихся в результате химического выветривания. Глинистые породы представляют собой очень тонкозернистые (размер зерен меньше 0,01 миллиметра) образования. На долю глинистых пород приходится 4,2 % объема земной коры [33; 38].

3. *Органогенные (биогенные) породы.* Образуются благодаря жизнедеятельности организмов или вследствие отмирания морских организмов и накопления их скелетов в осадках на дне водоемов.

Значительная группа осадочных горных пород образуется в результате одновременного действия химических и биогенных процессов. Такие породы называют *биохимическими.*

Химический состав осадочных горных пород является более разнообразным, чем исходных магматических и метаморфических пород. Это объясняется весьма тонким разделением продуктов разрушения пород и переходом в раствор их составных частей [38].

Минеральный состав осадочных пород характеризуется присутствием тех минералов, которые являются устойчивыми в зоне осадконакопления или образуются при экзогенных процессах. К ним относятся кварц, халцедон, опал, минералы группы каолина, силикаты железа, марганца, алюминия. Характерными являются карбонаты, галоидные соединения и сульфаты. Кроме минерального вещества осадочные породы часто содержат скелетные остатки организмов в виде окаменелостей [38].

Цвет осадочных пород является важным признаком, характерным для

их определения, и зависит:

- 1) от цвета минералов, слагающих породу;
- 2) от цвета примесей, рассеянных в породе;
- 3) от цвета тончайшей корочки, покрывающей зерна минералов, слагающих породу.

Белый и светло-серый цвета обусловлены окраской главных минералов осадочных пород: кварца, каолина, кальцита, доломита.

Черный и темно-серый цвета чаще всего обусловлены примесью красящего углистого вещества или солями марганца и сернистого железа. Указывают на резко восстановительную среду и наличие органического материала. Типичны для отложений области гумидного климата.

Красный и розовый цвета обычно связаны с примесью в породе окислов железа. Также часто эти цвета свидетельствуют о формировании осадков в условиях жаркого климата. Например, известняк красного цвета образовался в окислительной обстановке в аридном или гумидном климате. Но чаще всего в условиях жаркого и влажного климата.

Зеленый цвет зависит от примеси закисного железа и присутствии соответственно окрашенных минералов: глауконита, иногда хлорита, малахита и др.

Желтый и бурый цвета связаны с присутствием в породе лимонита.

Для уточнения цвета породы необходимо использовать добавочные обозначения окраски, например: зеленовато-серый, коричневатобурый и т.д. При этом основной цвет следует ставить на второе место. Например, «зеленовато-серая глина» необходимо понимать как глина серого цвета с зеленоватым оттенком.

При определении цвета осадочной породы необходимо учитывать степень ее увлажнения, так как влажность изменяет оттенки цвета. Например, в сухом состоянии глина может иметь зеленовато-серый цвет, а в состоянии влажности приобретает яркий зеленый. Кроме того, при описании цвета осадочной породы часто приходится встречаться не только со сложными оттенками, но и с причудливым распределением окраски в породе. Например, на фоне основного цвета могут выступать пятна или разводы сложного рисунка иного цвета. Лучше всего такие детали просматриваются во влажном состоянии.

Важное значение при диагностике осадочной породы имеет установле-

ние её удельного веса, которое возможно в лабораторных условиях, но в некоторых случаях может быть выполнено и приблизительно. Например, по внешнему виду достаточно сложно отличить гипс от ангидрита. Но разницу между ними в удельном весе возможно обнаружить сравнительным взвешиванием на руке обломков одинакового размера (гипс – 2,4 г/см³, ангидрит – 2,9 г/см³).

Особенности внутреннего строения осадочных горных пород: структура и текстура

Под структурой осадочных обломочных горных пород понимают *размер и форму* частиц, слагающих породу.

По *величине обломков* среди осадочных пород выделяют следующие группы:

- 1) *грубообломочные* (псефитовые), размер частиц более 2 мм;
- 2) *песчаные* (псаммитовые), размер частиц от 2 до 0,1 мм;
- 3) *пылеватые* (алевритовые), с частицами от 0,1 до 0,01 мм;
- 4) *глинистые* (пелитовые), с частицами менее 0,01 мм.

По *форме обломков*:

- 1) *угловатые* (неокатанные);
- 2) *округло-угловатые* (полуокатанные);
- 3) *округло-полированные* (окатанные).

По *величине зерен* среди *песчаных пород* выделяют:

- 1) *грубозернистые* (более 1 мм);
- 2) *крупнозернистые* (1–0,5 мм);
- 3) *среднезернистые* (0,5–0,25 мм);
- 4) *мелкозернистые* (0,25–0,1 мм).

Для пород *химического* и *органогенного* происхождения структуры различают по *размерам кристаллов* или *зерен* и по *составу организмов*, слагающих породу:

- 1) *равно- и разнозернистую* в зависимости от соотношения зерен по размеру;
- 2) *оолитовую*, в которой зерна имеют форму округлых стяжений различного размера;
- 3) *брекчевидную*, при которой порода состоит из крепко спаянных между собой остроугольных обломков;
- 4) *биоморфная* – органогенная порода сложена хорошо сохранившимися

мися организмами;

5) *детритусовая* – порода представлена обломками скелетов организмов.

По характеру взаимного расположения частиц в осадочных породах выделяются следующие текстуры:

1. *Беспорядочная*, при которой составляющий породу материал расположен без какого-либо порядка и как бы перемешан. Характерна для морены, грубообломочного конгломерата, гравелита.

2. *Слоистая*, слагающий осадочную породу материал изменяется по минеральному составу, по величине зерен, по окраске породы.

Иногда некоторые особенности строения осадочных пород хорошо выделяются не в отдельных маленьких кусках, а в целых пластах или толщах этих пород. Такие текстуры называются *макротекстурами*. К ним относятся:

1. *Слоистость*

Различают:

- *прямую*, или *параллельную*, указывающую на то, что накопление осадков происходило в спокойной обстановке и состав отложенного материала одинаков на значительной площади;

- *косую*, или *перекрестно-волнистую*, характеризующую отложение осадков в обстановке воздушных или водных течений.

2. *Ископаемая рябь*

Различают:

- *ветровую рябь*, характеризующуюся уплотненностью и несимметричностью своих гребешков;

- *рябь течений*, похожую на ветровую рябь, но большей амплитуды;

- *волновую рябь*, отличающуюся симметричностью и острыми вершинами гребешков.

Правильное описание ряби помогает выяснить условия образования породы.

3. *Трещины усыхания*, наблюдаются на поверхности глинистых пород.

4. *Отпечатки* сохраняются на поверхности песка или ила. Это могут быть следы выпавшего в прошлое геологическое время дождя или града в виде округлых углублений, окруженных приподнятым крутым краем, следы ползающих животных и др.

Важными текстурными признаками в осадочных горных породах яв-

ляются относительное количество зерен и цемента, а также расположение зерен в цементе. *Цемент* – это масса тонкозернистого или аморфного материала, скрепляющая отдельные более крупные зерна. Различают цемент, образовавшийся одновременно с отложением осадка, и цемент, возникший после образования породы в результате осаждения солей из циркулирующих через нее растворов [38]. По составу цемент может быть: алевроитовый, глинистый, известковый, железистый, кремневый, песчаный и др. Многие породы получают название согласно составу цемента (например, песчаник железистый). Характер цемента влияет на прочность и твердость осадочных пород. Известковый цемент в органогенных породах также указывает на теплую воду и тропический и субтропический климат. Определяется по реакции с 10%-ным раствором соляной кислоты. Кремнистый цемент указывает на глубоководную зону моря, низкую температуру воды и холодный климат умеренных широт.

Одним из основных внешних признаков в осадочных горных породах является *пористость*, которая имеет также важное прикладное значение в гидрогеологии, инженерной и нефтяной геологии.

По степени пористости выделяют следующие породы:

- 1) *плотные*, в которых пористость не заметна на глаз;
- 2) *мелкопористые*, в которых можно различить мелкие частые поры;
- 3) *крупнопористые*, величина пор колеблется от 0,5 до 2,5 мм;
- 4) *кавернозные*, крупные поры представляют собой сложные пустоты – каверны, образовавшиеся на месте выщелачивания отдельных участков породы.

ОПИСАНИЕ ОСАДОЧНЫХ ПОРОД

Обломочные (кластические) горные породы

Обломочные осадочные горные породы подразделяются на рыхлые (сыпучие, несцементированные) и на компактные (сцементированные и уплотненные).

Несцементированные обломочные породы

ГЛЫБЫ. Угловатые обломки размером более 100 мм. Состав и цвет непостоянный, зависит от исходного вещества.

Диагностика: для глыбы характерны угловатая форма и большие размеры обломков, несцементированность.

Строительный материал.

ВАЛУНЫ. Окатанные обломки размером более 100 мм. Состав и цвет непостоянный, зависит от исходного вещества.

Диагностика: для глыбы характерны окатанная (округлая) форма и большие размеры обломков, несцементированность.

Строительный материал.

ЩЕБЕНЬ. Угловатые обломки размером от 10 до 100 мм. Состав и цвет непостоянный, зависит от исходного вещества.

Диагностика: для щебня характерна остроугольная форма обломков, несцементированность.

Материал для железнодорожных насыпей, для бетонных смесей и шоссейных покрытий.

ГАЛЕЧНИК. Окатанные обломки размером от 10 до 100 мм. Состав и цвет непостоянный, зависит от исходного вещества.

Диагностика: для галечника характерна окатанная (округлая) форма обломков, несцементированность.

Материал для железнодорожных насыпей, для бетонных смесей и шоссейных покрытий. В настоящее время широко используется в ландшафтном дизайне.

ДРЕСВА. Угловатые обломки размером от 1 до 10 мм. Состав и цвет непостоянный, зависит от исходного вещества.

Диагностика: для дресвы характерна остроугольная форма обломков, несцементированность.

Материал для железнодорожных насыпей, для бетонных смесей и шоссейных покрытий.

ГРАВИЙ. Окатанные обломки размером от 1 до 10 мм. Состав и цвет непостоянный, зависит от исходного вещества.

Диагностика: для гравия характерна окатанная форма обломков, нецементированность.

Материал для железнодорожных насыпей, для бетонных смесей и шоссейных покрытий.

ПЕСКИ И АЛЕВРИТЫ. Размеры обломков от 1 до 0,01 мм. Состав и цвет непостоянные. Состоят главным образом из зерен кварца (кварцевые пески и алевриты) или полевого шпата (аркозовые пески и алевриты), иногда в виде примеси содержат минерал глауконит (глауконитовые пески).

Диагностика: сыпучесть, размер обломков.

Применяются в строительстве (изготовление бетона, силикатных кирпичей), в шлифовальном деле, в дорожном строительстве, в стекольной и керамической промышленности и др.

Крупным месторождением стекольного и хрустального песка является Люберецкое (Московская обл.). Богатейшие залежи песков открыты в Элисте (Калмыкия), поселке Степное Красноармейского района Челябинской области и др.

Цементированные обломочные породы

БРЕКЧИЯ. Структура обломочная. Крупные остроугольные обломки, цементированные в сплошную массу. Текстура массивная, цементированная. Цемент может быть глинистым, известковым, кремнистым, железистым, битуминозным.

Диагностика: от конгломерата отличается формой обломков.

Среди брекчий выделяют несколько типов различного генезиса. К осадочным породам относятся брекчии, в которых остроугольные обломки разного состава цементированы однородным цементом [35; 38].

Брекчии, в которых обломки разной величины обычно имеют однородный состав с цементом, являются результатом оползневых процессов [35; 38].

Брекчии, в которых обломки различных пород скреплены цементом неоднородным по составу в разных частях породы называются тектоническими [35; 38]. Обломки разбиты трещинами в результате давления при тектонических движениях. Как на обломках, так и в цементе тектонических брекчий часто встречаются плоскости (зеркала) скольжения – гладкие блестящие поверхности,

покрытые продольными бороздками. Брекчии тектонического происхождения нельзя относить к осадочным породам и следует рассматривать как тектонические образования.

Брекчии используются как строительный материал.

КОНГЛОМЕРАТ. Структура обломочная. Крупные окатанные обломки, сцементированные в сплошную массу. Текстура массивная, сцементированная. Цемент может быть глинистым, известковым, кремнистым, железистым, битуминозным.

Диагностика: от брекчии отличается формой обломков.

Используется как строительный материал.

ЛЁСС. Название от нем. *Löss* – обрыв, в связи со способностью породы образовывать специфические формы рельефа – устойчивые отвесные обрывы, глубокие каньоны с вертикальными стенками. Синоним – *алеврит* (греч. «мука»). Пылеватая порода, состоящая из неразличимых невооруженным глазом обломочных частиц размером 0,1–0,05 мм. Легкий, пористый. Светло-желтый или светло-бурый. Очень мягкий, легко растирающийся пальцами в тонкий порошок, присутствия песчинок при этом не ощущается. На ощупь сухой. Под действием 10%-ной HCl вскипает. Углекислая известь концентрируется в лёссе в виде фигурных желвачков – «*журавчиков*». В воде размокает. При насыщении подземными водами происходит *движение всей массы (лёсс + вода)* в направлении действия напорного градиента. Этот процесс получил название *пльвучести*, а грунты, насыщенные водой и обладающие этим свойством, называют *пльвунами*.

Диагностика: легко определяется по указанным выше физическим свойствам, поведению в воде и взаимодействию с 10%-ной HCl.

По вопросу о происхождении лёсса имеется несколько теорий. Наибольшим признанием пользуется теория академика В.А. Обручева, называемая эоловой теорией (Эол – бог ветра в древней Греции). Согласно данной теории, в образовании лёссовых толщ главная роль принадлежит ветру, который переносит и откладывает пылеватые частицы, образующиеся в результате выветривания горных пород. Кроме этого, разработаны теория *ледниково-эолового лёсса* (П.А. Тутковский), теория пролювиального и делювиального слоистого лесса (А.П. Павлов), почвенная теория (Л.С. Берг) [37]. Вероятнее всего, что лёсс образуется в результате многообразных геологических процессов в различных климатических условиях.

Распространен на территориях, окаймляющих пустыни Средней Азии.

В юго-западной и южной части России залегает непосредственно под почвами в виде мощного пласта. Почва, образующаяся на лёссах, обладает при искусственном орошении большим плодородием [35]. Высокая пористость лёсса и способность течь при напитывании водой (*пльвун*) создают большие проблемы при строительстве инженерно-технических и промышленных сооружений.

ПЕСЧАНИК. Цементированный песок. Цемент может быть глинистым, известковым, кремнистым, железистым, битуминозным. Цвет различный.

Диагностика: грубый на ощупь.

Используется как строительный материал. Кварцевые песчаники – сырье для стекольной, абразивной, керамической, металлургической промышленности.

Месторождения: Черемшанское в Бурятии, Люберцы, Лыткарино, Татарово, Жилино, Котельники (Московская область), Ульяновская, Саратовская области (Поволжье), и др. районах России и стран СНГ.

Коллоидно-осадочные породы

группа глинистых пород

ГЛИНЫ (ПЕЛИТЫ) – наиболее тонкодисперсные осадочные породы (размер обломков менее 0,01 мм). По минеральному составу среди глин выделяют каолиновые, монтмориллонитовые, бентонитовые, полимиктовые и другие разновидности. Глины, содержащие большое количество каолинита, называются *жирными*, а содержащими примесь кварца, халцедона, опала, окислов железа – *тощими*. Примеси, главным образом железа, придают глинам разнообразные окраски, но преимущественно – красно-бурые, серые, желтовато-бурые.

Каолинистая глина и каолин. Название – по хребту Као-Лин в Китае, где в древности добывали белую глину для фарфора [35]. В сухом виде кусковатая, слабо связанная, реже – прочная порода. Отличается светлой окраской (белой, желтовато-белой, светло-серой), на ощупь жирная, пачкает руки, размокает в воде, почти не разбухая. Высоко огнеупорная (температура обжига 1670° – 1730°) [35].

Происхождение *остаточное* – на месте выветривания полевошпатовых пород – и *осадочное* (переотложенное) – при отложениях в водных бассейнах.

Запасы высококачественного каолина в мире ограничены. Сырьевая база каолинов в России сосредоточена на Урале и представлена месторождениями первичных каолинов: Кыштымское, Еленинское и Журавлиный Лог.

Крупнейшее месторождение высококачественного белого каолина – Журавлиный Лог в Пластовском районе Челябинской области – стало востребованным через 70 лет после своего открытия. После распада Советского Союза рыночные отношения заставили Южно-Уральские заводы приступить к разработке месторождения керамического сырья всего в 40 км от города Пласта. Месторождение с поэтичным названием Журавлиный Лог разрабатывается открытым способом ЗАО «Пласт-Рифей», дает треть выпускаемого в России обогащенного каолина. Предприятие ЗАО «Пласт-Рифей» образовалось в 1991 г. За качество и продвижение своей продукции на фарфоровом и керамическом рынке предприятие «Пласт-Рифей» было удостоено золотой медали Всероссийского Выставочного Центра. Качество белой глины определяется специальными приборами по степени ее белизны. Показатель белизны каолина из Журавлиного Лога достигает 83 %. Каолин с таким качеством используют фарфоровые заводы Южноуральска, Сысерти, знаменитая Гжель и далее зарубежье (Иран). Добывают каолин также недалеко от города Кыштыма в Челябинской области, Воронежской области, на Украине, в Грузии. Чистый каолин является лучшим сырьем для керамической и фарфоровой промышленности, для производства высококачественного фарфора, фаянса, тонкой керамики. Каолин используется так же для производства бумаги. Каолиновые глины – производство огнеупорного кирпича.

Монтмориллонитовая глина. Названа по составу. Синоним – *сукновальная глина* [35]. Цвет белый или светло-серый, с желтоватым или зеленоватым оттенком. Твердость низкая, чертится ногтем, иногда слабо просвечивает в тонких сколах. Излом часто раковистый. Легкоплавкая. Во влажном состоянии – липкость или моющие свойства. Ярко выражена способность поглощать воду, жиры, различные пигменты и органические примеси, резко усиливающаяся, если глину обработать серной или соляной кислотой. Разновидности различаются по составу и взаимодействию с водой: *бентонитовая глина*, или *бентонит*, сильно разбухает в воде (в 8– 10 раз), жадно впитывает воду и образует желеобразную массу; *флоридиновая глина* (синоним – *отбели-*

вающая земля) не разбухает и не размокает в воде, обладает моющими свойствами.

Диагностика: светлая окраска, восковидный облик, низкая твердость, липкость или моющие свойства во влажном состоянии.

Происхождение: остаточный продукт химического выветривания основных и ультраосновных магматических пород, вулканических туфов, известняков, доломитов и других пород, богатых кальцием, магнием, железом.

Применяется в легкой и пищевой промышленности как отбеливающий материал для очистки патоки, сиропов, пива, вин, растительных масел, фруктовых соков, нефтепродуктов, обезжиривания шерсти и при нанесении разноцветных рисунков на хлопчатобумажные ткани. При бурении геологоразведочных скважин применяется глинистый раствор. Очень важным является применение бентонитовых суспензий для тушения лесных пожаров с вертолета: добавка бентонита повышает вязкость воды и предотвращает отскакивание ее от горящего дерева [35].

Месторождения имеются на Южном Урале, в Туркмении, Грузии, Украине.

Полимиктовая глина. Названа по составу. Цвет серый, коричневатосерый, красноватый различных оттенков, зеленоватый, голубовато-зеленоватый. Состоит преимущественно из гидрослюды с разнообразными примесями (например, песка). Твердость низкая (чертится ногтем). В сухом состоянии – землистая, кусковатая, легко рассыпается, в сыром состоянии – липкая, пластичная. В воде не разбухает, при размачивании распадается на комочки и мелкие чешуйки. На ощупь бывает как жирной, так и сухой. Разновидность: *ленточные глины* – тонкослоистые породы, представленные частым чередованием глинистых и песчано-глинистых пропластков. Образуется в результате химического выветривания горных пород в условиях холодного, умеренно-холодного, полусухого и влажного климата и в связи с деятельностью ледников (ленточные глины образовались в период отступления ледника, перемыва и переотложения материала морены тальми водами), отлагается на дне озер и речных долин, на склонах возвышенностей. Широко известны полимиктовые глины морского происхождения.

Полимиктовые глины используются в геологоразведочном бурении для приготовления глинистых растворов, при производстве строительных материалов, кирпично-кладочных растворов, в литейном деле при изготовлении форм для различных металлургических отливок и др.

Распространены в Ленинградской области, в Поволжье, Центральном районе России, на Украине, в Карагандинской области (Казахстан).

Аргиллит (от греч. «глина»). Порода камнеподобная, очень плотная, не размокает в воде. Отдельность остроугольно-кусковатая, с неровным изломом. Плитчатые аргиллиты называют иногда *глинистыми сланцами*. Состав смешанный.

Образуется в результате полного старения, уплотнения и окаменения гелеподобных богатых водой осадков [37]. Распространены в горных странах.

Практического значения не имеет. В некоторых районах используется как местный строительный материал.

Смешанные песчано-глинистые породы

Суглинок (песчанистая глина). Основные физические свойства аналогичны свойствам полимиктовых глин. Примесь песчанистого материала составляет от 25 % до 50 %. Через *супеси (глинистые пески)* суглинки связаны постепенным переходом к пескам.

Диагностика: суглинок от глины отличает примесь песчаного материала, ощутимая визуально и при растирании породы пальцами (песчинки слегка царапают пальцы). Примесь песка снижает пластичные свойства суглинка: если суглинок смочить, скатать в шарик и раскатать в лепешку, то по краям ее образуются трещины. При тех же условиях из глины получается цельная лепешка.

Образуется на склонах оврагов, долин и гор в результате размыва верхних частей склонов временными потоками и переотложения мелкообломочного материала в нижних частях склонов и у подножья. Используются примерно также, как полимиктовые глины. Распространение практически повсеместное.

Группа глиноземистых пород

БОКСИТ. Название от франц. *Vaux* – деревня в Провансе (Франция), место первой находки. Хорошо выражена оолитовая структура, иногда афанитовая (плотная с неразличимыми минералами). Текстура массивная. Цвет белый, серый, желтый, красный, особенно характерны белые и красные цвета (в зависимости от содержания железа). Состоит из гидратов глинозёма, глинистых минералов, хлорита, сидерита, окислов и гидроокислов железа, пирита, кварца, халцедона и др. Каменистая порода средней или высокой твердости. Реже – землистый, слабо связанный, пачкает руки. В ув-

лаженном состоянии не пластичен. Удельный вес около 3 г/см³.

Диагностика: по цвету можно спутать с глиной и лимонитом. От глины отличается большей твердостью и неразмокаемостью, от лимонита – цветом порошка.

По происхождению среди бокситов выделяют *остаточные (латеритные)* продукты химического выветривания щелочных и кислых магматических пород в условиях тропического климата и *коллоидно-осадочные* (прибрежно-морские и континентальные).

Главный источник получения алюминия. При содержании 50–60 % окиси железа бокситы приобретают значение железных руд.

Месторождения бокситов известны в Ленинградской области (Тихвинское), на Урале (Красная Шапочка), в районе Каменска-Уральского, группы месторождений в Башкирии, в Саянах и др.

Биохимические горные породы

Группа кремнистых пород

ОПОКА. Структура тонкозернистая. Текстура однородная, слоистая. Стоит из мельчайших зерен опала, частично остатков скелетов водорослей. Породы каменистая, крепкая. Твердость средняя (нож оставляет царапину). Излом раковистый, с острыми, колющими краями обломков. Цвет разнообразный: серый, желтоватый, зеленоватый, пятнистый, темно-серый и черный. Породы легкие – удельный вес 1,0–1,3 г/см³, пористая – липнет к языку (*гигроскопичность*).

Диагностика: похожа на трепел, но твердая. При ударе молотком раскалывается со звоном на мелкие остроугольные обломки с раковистым изломом (трепел и диатомит издают глухой звук). От мергеля отличается большей твердостью, меньшей плотностью и отсутствием реакции с 10%-ной HCl (не вскипает). В отличие от глины не размокает.

Происхождение биохимическое, в морских и озерных бассейнах.

Используется как адсорбент для очистки сиропов, соков, масел, газов, нефтепродуктов и др. Служит гидравлической добавкой к портландцементу, добавкой при изготовлении бетонов, керамических и теплоизоляционных изделий, наполнителем при производстве пластмасс, некоторых видов резины, сургуча, спичек, красок и др.

Распространены в Среднем и Нижнем Поволжье, в Центральном районе (Московская, Калужская, Брянская обл.), в Ленинградской обл. (Кингисеппское месторождение), на восточном склоне Уральских гор (в полосе от Ирбита на

севере до Троицка на юге), на Камчатке, в Молдавии, Грузии и др. [35].

ДИАТОМИТ. Синонимы: диатомовая земля, горная мука, кизельгур [35]. По составу диатомит – это сцементированные опалом остатки панцирей диатомей: мельчайших водорослей, имеющих кремнистый скелет. Порода состоит из частиц размером 0,001–0,01 мм. Текстура слоистая. Цвет белый, светло-серый или желтоватый. Порода легкая – удельный вес 0,6–1 г/см³, пористая. Твердость низкая. Диатомит рыхлый, мучнистый, легко растирается пальцами в порошок (*горная мука*).

Диагностика: в отличие от глин не размокает. От мела отличается отсутствием реакции 10%-ной HCl, слоистым сложением.

Происхождение: биохимическое, в морских и озерных бассейнах. Продукт растворения и переотложения кремнистого вещества скелетов диатомей.

Распространены в Среднем и Нижнем Поволжье, в Центральных районах (Калужская, Брянская и Смоленская области), Белоруссия и Украина.

Применение: см. опока.

ТРЕПЕЛ. Название связано с местом первых находок – город Триполи (Сев. Африка) [35]. Однородный. Состоит из многочисленных микроскопических округлых частичек опалового вещества размером 0,001–0,01 мм, частично с остатками скелетов диатомей. Примеси: органические вещества, глауконит, пирит и др. Цвет белый, светло-серый, желтоватый либо темно-серый до черного. Порода легкая, пористая. Твердость низкая. Порода землистая, кусковатая, но весьма слабо связанная.

Диагностика: трепел отличается от опоки меньшим удельным весом, низкой твердостью. От мела отличается отсутствием реакции с 10%-ной HCl, в отличие от глин не размокает.

Происхождение. Практическое значение. Распространение. См. Опока.

Группа карбонатных пород

ИЗВЕСТНЯК. Назван по составу: главный компонент – углекислая известь CaCO₃. Структура разнообразная, служит основой для выделения большого количества разновидностей известняка. Текстура однородная, слоистая, иногда пористая, кавернозная. Порода состоит из кальцита, редко – арагонита. Примеси: доломит, кремнистое вещество, песчанистый и глинистый материал, битумы. Порода каменистая, прочная (временное сопротивление сжатию до 900 кг/см³), иногда бывает землистая, слабо связанная (*мел*). Твердость средняя (нож оставляет царапину). Излом неровный. В воде не размокает. Цвет обычно белый,

светло-серый, реже темно-серый и черный – вследствие примеси углистого вещества или битума, желто-бурый – в связи с примесью гидроокислов железа, зеленоватый – из-за примеси глауконита. Бурно вскипает в 10%-ной HCl.

Формы залегания – слои и мощные слои толщи, непрерывно прослеживающиеся на многие сотни километров, куполовидные массивы, линзовидные тела и различные по величине и форме гнезда (рис. 54).

По происхождению среди известняков различают три главных типа:

- 1) известняки органогенного происхождения;
- 2) известняки химического происхождения;
- 3) известняки обломочного происхождения (состоящие из обломков карбонатных зерен).

Если известняк состоит из целых и битых раковин, он называется *ракушечником*. В зависимости от преобладания остатков тех или иных организмов, различают известняки *коралловые, криноидейные, фузулиновые, нуммулитовые, мшанковые* и др. Криноидейные состоят из частей известкового скелета морских лилий (цилиндрические членики – части бывшего стебля со следами осевого канала в центре); фузулиновые сложены раковинами древних простейших организмов (фузулин), напоминающих по форме и размеру зерна ржи; нуммулитовые представлены известковыми раковинами нуммулитов, имеющими форму в виде диска, чечевицы или монеты; мшанковые представлены колониями из множества ячеек размером до 3мм, объединенных единым стволом и имеющими отпечатки в виде мелкой сетки.

Практическое значение: область применения очень широкая. Строительный материал для изготовления стеновых блоков, бутовый камень и щебень. *Флюс в черной и цветной металлургии* (вещество, способствующее разжижению шлаков и понижению температуры плавления). Сырье для производства извести, цемента и др.

Распространение повсеместное (за исключением Западной Сибири и Забайкалья).

МЕЛ. Микрозернистая тонкопористая порода. Состоит из мельчайших зерен кальцита и обломков скелетов моллюсков и водорослей, с примесью глинистых минералов (мергелистый мел) или обломочных зерен кварца (песчанистый мел). Мягкий (растирается между пальцами). Цвет обычно белый, реже сероватый, желтоватый или зеленоватый.

Диагностика: от сходных с ним каолинитовой глины, диатомита и

трепела отличается бурной реакцией с 10%-ной HCl, сухой мел «тощий» на ощупь (каолининовая глина – жирная), от известняков отличается низкой твердостью, легко крошится и пачкает пальцы, слегка прилипает к языку, от трепела и диатомита отличается большим удельным весом.

Образуется в теплых морях в результате накопления на его дне известковых панцирей планктонных одноклеточных водорослей[35].

Применяется в цементной, металлургической, бумажной, резиновой, стекольной промышленности, для изготовления белил, замазок, мастики, керамики, красок, лаков, глазури, в сельском хозяйстве, для тонкой полировки и как пишущий материал.

Меловые отложения широко распространены в Среднем Поволжье, в Белгородской области, на Украине.

МЕРГЕЛЬ (название от нем. *Mergel*). Синоним – *рухляк, глинистый известняк*. Порода каменистая, плотная, мелопоподобная. Обладает плитчатой отдельностью. Структура тонкозернистая. Текстура слоистая. Цвет белый, светло-серый, желтоватый или зеленоватый, темно-серый, буроватый или красноватый, иногда окраска пестрая, меняющаяся послойно. Твердость низкая или средняя. Состав: однородная смесь глинистых и карбонатных минералов.

Диагностика: бурно вскипает под воздействием 10%-ной HCl, образуя мутные пузыри, капля кислоты после реакции оставляет на его поверхности грязное пятно (нерастворимый глинистый осадок).

Образуется в результате одновременного осаждения карбонатного и глинистого материала в морских, лагунных и озерных бассейнах [35].

Практическое значение: сырье для получения портландцемента.

Месторождения мергеля известны в районе Катав-Ивановска (Челябинская обл.), на Черноморском побережье Кавказа, в Крыму. В Поволжском районе (г. Инза) на местных запасах мергелей базируется производство цемента и крупнейший в стране диатомовый комбинат по производству термоизоляционных материалов.

Органогенные горные породы

Каустобиолиты

В переводе с греческого означает «горючий камень органического происхождения» [33]. Этим термином обозначаются ископаемые горючие материалы, которые имеют большей частью органическое происхождение, т.е.

построены преимущественно из окаменевших, в разной степени переработанных и разложенных остатков растений и микроорганизмов.

К каустобиолитам относятся торф, горючие сланцы, ископаемые угли, природные битумы (озокерит, асфальт и др.), нефть и природный горючий газ. Соответственно, каустобиолиты делятся на твердые, жидкие и газообразные.

ТОРФ. Текстура однородная, иногда слоистая, листоватая или пористая. Структура обычно волокнистая. Состоит из остатков растений, в разной степени разложившихся и обугленных. Цвет бурый до черного. Торф обычно кусковатый, слабо связанный, легко ломается руками. Плотный либо пористый. Твердость низкая. Удельный вес в сухом состоянии 0,7–0,75 г/см³. Горючий.

Диагностика: обилие остатков растений и гумусовых веществ, малая прочность, преимущественно волокнистое строение, горючие свойства, условия нахождения (болота, торфяники).

На территории СНГ сосредоточено около 60 % мировых запасов торфа. Торф широко распространен в районах с избыточным увлажнением и залегает в болотах. Из всех видов энергохимического сырья является самым низкокачественным (зольность до 60–70%, теплотворность 1 500–2 000 ккал, влажность в воздушно-сухом состоянии до 20 %).

Развитие торфяной промышленности ограничено [35].

Ископаемые угли

Уголь считается самой необычной породой. Во-первых, он образуется из органического материала – некогда живой ткани – и, во-вторых, в отличие от других пород, он может гореть и выделять тепло [43]. В наше время ископаемый уголь – уже не только топливо. Подобно нефти он прекрасный материал для получения множества продуктов: сухая перегонка угля в специальных печах дает кроме кокса для металлургических печей, еще каменноугольный деготь и раствор аммиака. Из каменноугольного дегтя на химических заводах получают бензол, карболовую кислоту, нафталин, антрацен, а при дальнейшей химической обработке – анилиновые краски, взрывчатые вещества, различные ароматические масла для духов, аспирин, салол и др. лекарственные вещества, сахарин, ванилин и множество других продуктов [35].

По преданию, еще во время Азовского похода 1696 г. Петру I были

показаны взятые на выходе пласта образцы донецкого угля. Петр I бросил кусок угля в костер и, видя, как он горит, произнес свою историческую фразу: «*Сей минерал, если не нам, то потомкам нашим зело полезен будет*» [1].

Как промышленное топливо каменный уголь стал использоваться в XVIII в., когда изобретение паровых двигателей и быстрый рост промышленности и столь же быстрое истребление лесов вызвали необходимость изыскивать новые источники топлива. Уголь уже стали добывать из недр Земли, строя для этого более или менее глубокие шахты. Поэтому уголь и получил название «*ископаемого*», а старое название «*каменный*» сохранилось только за одним из видов ископаемого угля [1].

Ученые долгое время не могли правильно объяснить происхождение угля. Впервые правильно объяснил происхождение ископаемого угля величайший ученый XVIII столетия М.В. Ломоносов. Он впервые заявил, что залежи торфа и угля «*растениям свое происхождение должны*». В настоящее время, высказанная Ломоносовым мысль о происхождении угля из остатков растений, обуглившихся без доступа воздуха в толще осадочных горных пород, признана всеми учеными. В происхождении ископаемого угля *геологи* убедились, изучая условия залегания каменноугольных пластов, а *химики* – анализируя состав угля [43]. Ученые считают, что в далеком прошлом на Земле были леса из гигантских деревьев и поэтому в болотах могли накапливаться грандиозные толщи растительных остатков.

Стадии образования угля: вначале остатки отмирающих растений отлагаются в виде рыхлого ила. Сверху постепенно наращиваются новые слои ила, а нижние постепенно уплотняются и продолжают изменяться. При избытке влаги и при недостатке воздуха, действии различных бактерий растительные остатки разлагаются. Вещество растений при этом теряет воду и кислород. Одновременно в нем увеличивается процент содержания углерода. Растительные остатки постепенно превращаются в коричневатую-бурую массу торфа. В результате, водоем может целиком заполниться растительными остатками и превратиться в торфяное болото. В процессе торфообразования на дне болота накапливаются все новые и новые слои торфа. При этом органическая масса торфа изменяется под действием бактерий. В результате геологических процессов торф оказывается погребенным в недрах Земли. Чем глубже опускаются слои торфа, тем меньше в его составе бактерий и тем меньшую роль они играют в превращениях торфа. Большее значение при-

обретают геологические условия: сильное давление и тепло, поступающее из недр Земли. В этих условиях торф теряет воду и летучие вещества, обогащается углеродом и превращается в бурый уголь. Из слоя торфа, толщиной в несколько метров, может образоваться слой угля в несколько сантиметров.

Вид, строение и химический состав различных углей зависит от характера растительных остатков, из которых образовались угли. Исходя из чего, они могут быть разделены на два основных типа:

1) *гумусовые угли*, происходящие из остатков древесной и травянистой растительности;

2) *сапрпелевые угли*, происходящие из водорослей, спор и остатков микроорганизмов.

подавляющая масса бурых и каменных углей, используемых в промышленности, представлена гумусовыми углями [1].

Среди гумусовых углей выделяется несколько типов, различающихся по степени изменения растительных остатков или по степени метаморфизма (углефикации). Обычно различают три стадии метаморфизма гумусового органического вещества: торфяную, буроугольную и каменноугольную.

Ряд метаморфизма гумусовых углей, в котором степень углефикации растет слева направо, выглядит следующим образом:

(торф) – бурые угли – каменные угли – антрациты.

По мере увеличения углефикации в углях растет содержание углерода с одновременным уменьшением содержания кислорода, водорода, летучих составных частей (легких углеводородов, воды и т.д.) (табл.9).

Таблица 9

Химический состав торфа и различных углей[1]

Вид горючего ископаемого	Процентное содержание, %			
	углерод	водород	кислород	азот
торф	59	6	33	2
бурый уголь	69	5.2	25	0.8
каменный уголь	82	4.5	12,7	0,8
антрацит	95	2.5	2,5	следы

Промышленно важные свойства углей – *горючесть, калорийность (теплота сгорания), спекаемость, способность к коксованию и др.* – определяются степенью их углефикации [1]. Разновидности угля также выделяются по степени углефикации. Такое подразделение часто совпадает с *торговой и*

технической классификацией углей, согласно которой каменные угли делятся на ряд *марок*. В основе этой классификации лежит схема, принятая для Донбасса [1].

Т.н. *газовые* угли применяют для производства газа. Углерода в них меньше, чем у жирных, а летучих веществ очень много – до 44 %. Теплотворность газовых углей не превышает 8 500 ккал. Газовые угли легко загораются и горят длинным коптящим пламенем. Кокс из них получается спекшийся, но рыхлый. Если каменный уголь прокаливать без доступа воздуха, то из угля выделяются вещества, похожие на смолу, которые при дальнейшем нагревании превратятся в газы. Останется только твердое вещество – кокс. Из 100 г угля после прокаливания остается только 60–70 г кокса, а остальные 30–40 г угольного вещества разлагаются и переходят в газообразное вещество. Одни угли дают порошкообразный кокс, другие – слабо спекшийся хрупкий кокс, третьи – кокс в виде плотно спекшейся крепкой массы [1].

В кузнечном деле обычно применяют т.н. *жирные* угли. Поверхность их имеет такой вид, как будто она смазана жиром. Углерода в таких углях меньше, и теплотворность их ниже, чем у тощих и коксовых углей. Жирные угли дают спекшийся кокс среднего качества [1].

Различные угли при горении дают разное *пламя*. Чем больше в угле летучих веществ, тем более длинное пламя он дает при горении. Мало углерода и много летучих веществ содержат незрелые ископаемые угли, объединяемые в группу *длиннопламенных*. Теплотворность длиннопламенных углей 7800–8000 ккал. Дают хорошее пламя и порошкообразный кокс. Очень удобны для отопления, нагревания котлов и т.д. [1].

Меньше всего углерода и максимальная теплота сгорания – у *коксовых* углей. Коксовые и близкие к ним угли обладают способностью к спеканию и дают ценный продукт – *металлургический кокс*. Они дают очень хороший плотный кокс, не раздавливающийся тяжелым слоем руды в доменных печах. Теплотворность коксовых углей почти такая же, а иногда и больше, чем у тощих углей. Коксовые угли представляют наибольшую ценность как топливо в металлургии [1].

Определяя возраст различных угленосных пластов, ученые убедились в том, что торф встречается обычно в молодых отложениях, каменные угли и антрациты – в более древних. Угли со временем как бы созревают, обогащаясь

при этом углеродом. *Зрелость углей не всегда соответствует возрасту сопутствующих горных пород.* Зрелость угля зависит не столько от времени, сколько от истории угля, от тех условий, в которых происходило его образование [1]. В зависимости от типа и зрелости углей меняется их *теплотворность* (количество тепла, выделяемое при горении). Больше всего углерода содержат зрелые ископаемые угли, объединяемые в группу т.н. *тощих* углей, и *антрациты*. Такие угли при сгорании дают много тепла. Их теплотворность доходит до 9200 ккал. Тощие угли и антрациты очень трудно загораются, горят коротким пламенем, почти без копоти, и дают порошкообразный кокс низкого качества. Энергетическая ценность углей характеризуется теплотой сгорания [1].

БУРЫЙ УГОЛЬ назван по цвету самого угля и его черты. Цвет коричневый, от светлого (у рыхлых разностей) до черного. Блеск тусклый, полуматовый (рис. 55). Черта светло-бурая до буровато-черной. Твердость низкая или средняя, излом землистый. Удельный вес 1,1-1,2 г/см³. Состоит в основном из гуминовых кислот с примесью углеводов и высокомолекулярных углеродистых веществ (*карбонидов*) [35; 37].

Содержание углерода 67-75%, водорода около 5 %, сумма кислорода и азота от 17 % до 30 %. Естественная влажность 10-25 % (иногда до 40 % и более). Теплотворная способность 5-6 тыс. ккал/кг на горючую массу. Загорается от спички, горит сильно коптящим пламенем с неприятным запахом [33; 35].

Текстура однородная либо слоистая, полосчатая. Структура аморфная, отличается хорошей сохранностью фрагментов растений, обычно очень мелких и различных лишь под микроскопом, но иногда и невооруженным глазом (рис. 56).

Залегаёт слоями, пластообразными залежами, линзами (рис. 57). *Разновидности: лигнит* – бурый уголь, сохранивший строение дерева, *гагат* – черный, плотный, блестящий, с раковистым изломом.

Гагат имеет плотную и вязкую текстуру с характерным бархатистым смолисто-восковым блеском, хорошо полируется. Иногда его называют черным янтарем [35].

Бурый уголь имеет значение как энергетическое топливо местного значения и ценное химическое сырье. При переработке бурых углей методом сухой перегонки получается полукокс, до 20 % первичных смол (дегтя), горючий газ. Из буроугольной смолы вырабатывают горный воск. Гагат используется как поделочный камень. Месторождения гагата в нашей стране

имеются в Иркутском угольном бассейне. За рубежом: в Англии, Испании, Франции, США [33].

Главные *буроугольные бассейны*: Подмосковский, Днепровский (Ватугинское, Кременчугское), Ленский (м-ие Кангаласское), Канско-Ачинский (м-ия Итатское, Назаровское, Ирша-Бородинское), Иркутский (м-ие Азейское), Нижнезейский (м-ие Свободное) и др. Важное промышленное значение имеют также Челябинский буроугольный бассейн (рис. 58).

Челябинский буроугольный бассейн условно разделен на 8 угленосных районов. Угли в районе Челябинска, на восточном склоне Урала были известны еще в первой половине XIX в., но запасы их установлены и введены в эксплуатацию в первой половине XX в. *Наиболее важные месторождения*: Коркинское, Камышинское, Копейское, Еманжелинское. Угли триасово-юрского возраста бурые, частично гумусовые, с содержанием серы от 0,7 до 2,28 %, золы в среднем 27–27 %. С влажностью от 16 до 24 %, выход летучих 33–44 %, теплота сгорания достигает 7 300 ккал/ кг на горючую массу. Угли не выдерживают длительного хранения, рассыпаются в мелочь и самовозгораются [52].

КАМЕННЫЙ УГОЛЬ. Назван по каменистому облику и сравнительно высокой для угля твердости [35]. Структура аморфная. Текстура полосчатая, слоистая, часто тонкослоистая, обусловлена многократным чередованием блестящих и матовых разновидностей. Цвет черный, иногда с серовато-стальным оттенком либо темно-серый. Черта черная. Блеск матовый, шелковистый, смолистый, металлический у антрацита. Разновидности выделяют по степени углефикации. В отличие от бурого угля не содержит гуминовых кислот, которые в каменном угле преобразуются в *карбониды* – сильно уплотненные высокомолекулярные неуглеводородные соединения углерода [35]. Плотный, но нередко хрупок, легко раскалывается по многочисленным трещинкам на толстые плитки или прямоугольные бруски. Теплота сгорания более 5 700 ккал/кг на влажную бензолную массу.

АНТРАЦИТ состоит из органического вещества высшей степени углефикации [35]. По внешнему виду отличается от других каменных углей. Цвет черный со сталью-серым, желтоватым (золотистым) или красноватыми оттенками. Черта черная слабая. Блеск сильно металлический, иногда с пестрой побелостью. Излом раковистый, полураковистый или неровный. Твердость средняя (2–2,5), максимальная среди ископаемых углей. Удельный вес 1,5–1,7

г/см³. Загорается с трудом, горит слабым бездымным пламенем вследствие малого выхода горючих веществ. Обладает хорошей электропроводностью [35].

Территория СНГ располагает более чем 50 % общемировых запасов ископаемого угля. Из общесоюзных запасов углей более 70 % приходится на Россию (большая часть их сосредоточена в Сибири). Богаты углем также Украина и Казахстан. На долю бурых углей приходится около 35 % суммарных запасов ископаемых углей в СНГ [1]. Примерно 65–70 % запасов угля составляет каменный уголь. На долю коксующихся углей приходится 25,8 % общесоюзных запасов [1]. *Главнейшие каменноугольные бассейны СНГ:* Тунгусский (м-ие Кайерканское, Каякское, Кокуйское) Ленский (м-ие Таймыльское, Сангарское, Джебарики-Хая), Кузнецкий, Иркутский (м-ие Черемховское), Таймырский, Печорский (м-ие Воркутинское), Донецкий, Карагандинский, Южно-Якутский (м-ия Чульманское, Нерюнгринское), Минусинский, Буреинский (м-ие Ургальское). Важное промышленное значение имеет Кизеловский каменноугольный бассейн на Урале, Львовско-Волынский на Украине, Сучанский на Дальнем Востоке, Экибастузское м-ие в Казахстане, Ангренское м-ие в Средней Азии и ряд мелких месторождений в Забайкалье [1].

Кизеловский каменноугольный бассейн, старейший на Урале, был открыт в конце XVIII века. Расположен в Пермском крае на западном склоне Уральского хребта, между рекой Яйвой на севере и рекой Вильвой на юге. Бассейн занимает площадь около 2 000 км² и вытянулся в меридиональном направлении почти на 100 км при ширине от 15 до 20 км. Уголь залегает в сложных гидрологических условиях в угленосной толще нижнего карбона [1]. Около 75 % угля добывалось из пластов крутого и наклонного падения. Угольные пласты маломощные (от 0,5 до 2,5 м) и поэтому угленосность бассейна невелика. Глубина залегания до 700–800 м. Кизеловские угли относятся к газовым и жирным спекающимся. Весьма зольные (от 18 до 43 %) и сернистые (от 3,6 до 10 %). Уголь содержит до 40 % летучих компонентов и является хорошим сырьем для химической промышленности. Теплота сгорания колеблется от 5 300 до 8 500 ккал/кг. После обогащения и в смеси с малозольными кузбасскими углями дает металлургический кокс [1]. Начиная с 1993 г. многие действующие шахты в связи с отработкой запасов и осложнившимися горно-геологическими и техническими условиями разработки начали закрываться. Закрытие шахт завершилось в 2000 г.

ГОРЮЧИЕ СЛАНЦЫ по структуре и составу представляют собой мягкую породу типа мергеля или аргеллита, пропитанную органическим битуминозным веществом – продуктами разложения ослизненных зеленых и сине-зеленых одноклеточных водорослей. В сухом виде порода загорается от спички и горит коптящим пламенем, испуская своеобразный запах, напоминающий запах битума (жженой резины). Сланец содержит 45 % золы, 1,7–2,1 % влаги, до 2 % серы. Теплотворная способность 2 700–3 500 ккал/кг. При метаморфизме превращаются в углистые и графитовые сланцы [29; 35].

Практическое значение: твердое топливо низкого качества из-за значительного содержания золы (порядка 50 %). В качестве топлива используется примерно половина добываемых горючих сланцев. Из перерабатываемой части сланцев получают бытовой газ, газобензин, серу газовую, гипосульфит, клеевую смолу, фенол, формальдегидовую смолу. Из смолы производят клей, мастики для склеивания асбоцемента, паркета, древесностружечных плит, полистирол и лаки, эмалевые и типографские краски. Минеральная часть сланцев используется для выработки строительных материалов. Сланцевая зола обладает вяжущими свойствами и из полукокса можно получить минеральную вату [29; 35].

Месторождения горючих сланцев известны в Эстонии (местное название сланцев – *кукерситы*), Псковской, Ленинградской и Костромской области (*Мантуровское м-ие*), Иркутском угленосном бассейне (*хахарейские сланцы*). В Эстонии сосредоточено более половины запасов территории бывшего СССР (57 %), в Ленинградской области – около 19 %.

НЕФТЬ (C_nH_m). В разных странах нефть называли по-разному, большинство наименований в переводе на русский язык означает «земляное» либо «горное масло». Наиболее широкое распространение получило название этой жидкости, употреблявшееся народами Малой Азии – «*нафта*», что значит «просачиваться» [28].

Нефть – маслянистая жидкость, чаще всего от зеленоватого до зеленобурого и черного цвета. Но встречается нефть коричневая, красноватая, белая и совсем бесцветная. Цвет нефти зависит от примесей. Кроме того, нефть флюоресцирует на солнце. Бакинские нефти имеют синеватый оттенок, а некоторые грозненские – зеленоватый. У разных нефтей температура застывания различна. Объясняется это различием в составе нефти. Например, грозненская парафинистая нефть застывает при температуре ниже 11°,

грозненская беспарафинистая нефть застывает лишь при температуре -19° . Сураханская и Охинская нефть (остров Сахалин) не застывают даже в самые сильные морозы. Чем ниже температура застывания нефти, тем она ценнее. Особенно большое значение это свойство имеет для работы авиации и транспорта в условиях северных районов. Большинство нефтей легче воды и обладает специфическим запахом, который, если в нефти присутствуют сернистые соединения, становится очень неприятным. Физические свойства нефти, такие как вязкость и удельный вес, меняются в очень широких пределах. Удельный вес нефтей от $0,75$ до $1,00$ г/см³ при температуре 20° . Как редкое исключение встречаются нефти с удельным весом меньше $0,75$ г/см³ и больше $1,00$ г/см³. Нефть месторождения Уч-Кизыл в Термезском районе имеет удельный вес $1,01$ г/см³. Такая нефть тонет в воде. Примером очень легкой нефти является белая нефть Сураханского месторождения, удельный вес которой $0,71$ г/см³. Очень важным физическим свойством нефти является ее *вязкость*. Вязкую нефть труднее перекачивать по трубам. Вязкость влияет и на качество нефтепродуктов [28; 35; 37].

По своему составу нефть – сложное соединение, смесь различных жидких, газообразных и твердых углеводородов. В зависимости от преобладания в нефти углеводородов того или иного типа нефть разделяют на три основные группы:

- 1) метановые, или парафиновые;
- 2) нафтеновые, или асфальтовые;
- 3) ароматические, или бензольные.

Более распространены на земном шаре нафтеновые нефти. Реже встречаются метановые нефти. Метановые и нафтеновые нефти считаются легкими; нефти, содержащие ароматические углеводы – тяжелыми [35].

В природе нефть, газ и вода скапливаются в проницаемых породах, окруженных породами плохопроницаемыми. Такое местонахождение является своеобразным сосудом – *природным резервуаром (коллектором)* определенной формы, который содержит нефть, газ и воду. Наиболее распространенными являются природные резервуары в виде пластов [52]. Наиболее правильное понятие о залежи нефти и газа было определено Д.И. Менделеевым. Менделеев считал, что в пласте должно быть замкнутое водой пространство – *ловушка*, в которой могли бы скопиться нефть и газ. В ловушке вода, нефть и газ должны размещаться так же, как в стакане или бутылке. Самая тяжелая – вода, ог-

раничивает скопление нефти снизу. Нефть легче воды, она всплывает над водой. Газ как самый легкий размещается в самой приподнятой части ловушки. При благоприятных условиях в каждой природной ловушке может образоваться скопление, называемой геологами *залежью нефти и газа* [12].

Современная наука установила происхождение нефти из органических остатков – как растительных, так и животных, как высокоорганизованных, так и из простейших организмов. Все они, попадая в осадок, служат исходным материалом для образования углеводородных соединений. В различных местах и в различных конкретных условиях возможно накопление различных по своему характеру органических веществ. Одновременно с отложением органического вещества, в тех же условиях происходит отложение различных минеральных осадков. Таким образом идет не просто накопление органической массы, а процесс осадконакопления. В значительной своей части органическое вещество рассеивается в осадке, и только в особо благоприятных условиях в недрах земли могут образовываться значительные органические массы, насыщающие толщи горных пород. В различные геологические эпохи происходило отложение органического вещества в самых разнообразных условиях. Но не везде были одинаковые условия дальнейшего преобразования органических остатков. Например, в районах вечной мерзлоты они консервировались. На пустынных континентах, под окисляющим действием атмосферы, органические остатки *«сгорали»* почти целиком. Более благоприятные условия для сохранения органических веществ в болотах, озерах, лагунах, заливах, а также в замкнутых и полузамкнутых морских бассейнах. Некоторая часть органических веществ, не успевшая осесть на дно или осевшая, но не захороненная, разлагается до газообразного состояния и рассеивается. Сохранившаяся же часть органических веществ, состоящая из более устойчивых соединений, обогащается углеродом. *Процесс захоронения и преобразования органического вещества особенно грандиозен в крупных бассейнах в периоды длительного погружения их дна и мощного накопления осадков.* Органические вещества, попадающие в осадок, состоят главным образом из жиров, белков и углеводов. В настоящее время доказано, что в природе могут создаваться благоприятные условия для преобразования любой из этих групп в углеводороды. *Различия в исходном органическом материале приводят к различию в конечных продуктах превращения и являются одной из причин существующего разнообразия нефтей и битумов.* Основным ус-

ловием, определяющим благоприятную обстановку для течения процессов, ведущих к образованию битуминозных веществ, в том числе нефти и газа, является *длительное и устойчивое погружение данного участка земной коры*. Погружение дна бассейна в процессе колебательных движений земной коры ведет к захоронению осадка под более молодыми отложениями. Жидкие и газообразные углеводороды, образующиеся в осадке при разложении органических веществ, легко рассеиваются в водном бассейне. Возникающий в болотах горючий газ никогда не образует скоплений. По мере своего образования он либо растворяется в воде, либо в виде пузырьков «пробулькивается» через воду и рассеивается в атмосфере. Для того, чтобы образовавшиеся при разложении органических веществ жидкие и газообразные углеводороды могли сохраниться в осадке, необходимо закрыть осадок, изолировать его от масс воды и воздуха. Такая изоляция осуществляется, когда осадок, заключающий органические вещества, перекрывается другими плохопроницаемыми осадками. Это может происходить в том случае, если в *процессе колебательных движений земной коры погружение все время преобладает и дно бассейна погружается* [7].

Основоположником современной теории о происхождении нефти в условиях ее формирования является академик РАН Иван Михайлович Губкин (1871–1939 гг.), русский геолог-нефтяник, основатель нескольких кафедр и научных организаций по изучению нефти. Руководил всесоюзными комиссиями по геологической разведке, исследовал геологию нефти в Урало-Волжской нефтеносной области.

Нефть может быть поднята на поверхность различными способами. Самый дешевый и эффективный – *фонтанный*. Иногда давление окружающей воды или газа выталкивает нефть в скважину и на поверхность. Продолжительность такого способа невелика, т.к. давление газов, выталкивающих нефть на поверхность, падает. При отсутствии достаточного естественного давления нефть откачивают на поверхность насосами.

Советскими нефтяниками были разработаны способы искусственного поддержания пластового давления путем законтурного и внутриконтурного заводнения, гидравлического разрыва пласта, извлечения нефти при помощи центробежных погружных насосов и др. Фонтанирование нефти при помощи пластового давления стало основным [28].

После добычи нефть транспортируется танкерами или перекачивается по нефтепроводу до нефтеперерабатывающих заводов. Там смесь сырой

нефти разделяется на различные компоненты – фракции. *Фракции* – это компоненты нефти, которые вскипают при определенных температурах.

Сырая нефть используется для получения разнообразных видов жидкого топлива: бензина различной степени чистоты, дизельного и авиационного топлива. Также из нефти получают масла и смазки, обеспечивающие работу машин и механизмов, асфальт для дорожных покрытий и огромное количество соединений, используемых в химической промышленности. Вещества, полученные из нефти, применяются в косметической, фармацевтической, лакокрасочной промышленности, а также для производства удобрений, взрывчатых веществ, синтетических волокон, чернил, пластмасс и резины, жевательной резинки, пищевых консервантов и др. материалов.

Месторождения нефти и газа обнаружены на каждом континенте, а также на континентальных шельфах. Некоторые из них активно разрабатываются, другие законсервированы.

Оценка того, на какой период хватит нефтяных запасов, включает два фактора – объемы известных месторождений, разработка которых экономически целесообразна с точки зрения современных технологий, и уровень добычи в текущем году. Объем нефтедобычи увеличивают или сокращают в зависимости от спроса.

Изучение геологии подводных окраин континентов показало, что под уровнем моря также залегают нефтегазоносные бассейны, не выходящие на сушу, а целиком покрытые водами морей и океанов. Предполагается, что на этих площадях может быть обнаружено больше нефтегазовых месторождений, чем известно сейчас на суше. Специалисты считают, что под водой залегает до 65–70 % общемировых запасов нефти. В настоящее время открыто около 700 нефтяных и газовых месторождений у берегов всех континентов, кроме Антарктиды. Из этих месторождений добывают до 20 % всей нефти в зарубежных странах.

Добычу нефти на море одними из первых начали советские нефтяники на Южном Каспии.

По мере повышения спроса на нефть и газ и при истощении запасов в месторождениях суши удельное значение морской добычи нефти и газа будет возрастать.

Крупнейшие нефтегазоносные провинции России: Волго-Уральская, Западно-Сибирская, Тимано-Печорская, Восточно-Сибирская, Дальневосточная, а также Северо-Кавказская.

Единственное в мире месторождение Нафталан (Азербайджан), где добывается негорючая целебная нефть, используемая для лечения костных, кожных и некоторых других заболеваний.

В 2013 г. на Дальнем Востоке открыто крупнейшее месторождение нефти в России – *Южно-Киринское*.

В январе 2015 г. в Охотском море у острова Сахалин началась промышленная добыча редчайшего сорта сладкой нефти на месторождении *Аркутун-Даги*.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 10

Определение осадочных горных пород

Цель: Овладеть визуальной (макроскопической) диагностикой осадочных горных пород.

Оборудование: рабочая коллекция осадочных горных пород, предметные стекла, флакон с 10%-ной HCl.

Задание 1. Классифицировать осадочные породы по генетическому признаку.

Таблица 10

Обломочные (образовавшиеся в результате механического выветривания различных горных пород)			
ОКАТАННЫЕ		НЕОКАТАННЫЕ	
Сцементированные	Несцементированные (рыхлые)	Сцементированные	Несцементированные (рыхлые)
Валунный конгломерат	Валун	Глыбовая брекчия	Глыба
Конгломерат	Галечник	Брекчия	Щебень
Гравелит	Гравий	Дресвелит	Дресва
Песчаник	Песок	Песчаник	Песок

Примечание: песок может быть окатанным и неокатанным (т.е. занимает промежуточное положение).

Таблица 11

Коллоидно-осадочные породы			Смешанные породы	
Группа глинистых пород	Группа глинозелистых пород	Химические осадки		
		карбонатные		кремнистые

глины аргиллит	боксит	мел известняк доломит мергель	диатомит трепел опока кремень яшма	мергель известняк мел диатомит трепел
-------------------	--------	--	--	---

Таблица 12

Осадочные органогенные породы	
Органогенные (биогенные)	Каустобиолиты
Известняки Мел Диатомит Трепел	Торф Бурый уголь Каменный уголь Антрацит Нефть

Задание 2. Охарактеризовать минеральный состав осадочных горных пород.

Задание 3. Научиться распознавать на практике структуры и текстуры осадочных горных пород.

Ход работы

Обломочные осадочные породы образуются в результате механического выветривания различных по генезису горных пород на поверхности Земли. *Классифицируются обломочные осадочные горные породы по размерам и форме обломков.* Поэтому обломочные осадочные породы одного и того же названия могут иметь различный химический и минеральный состав. В основу определения осадочных обломочных горных пород положен размер и форма обломков, степень цементации (табл. 13).

Таблица 13

Классификация осадочных обломочных пород [37]

Размер обломков, мм	Несцементированные (рыхлые, сыпучие)		Сцементированные (компактные, уплотненные)	
	угловатые	окатанные	угловатые	окатанные
более 100	глыба	валун	глыбовая брекчия	валунный конгломерат
100-10	щебень	галечник	брекчия	конгломерат
10-1	дресва	гравий	дресвелит	гравелит

1-0,1	песок	песчаник
0,1-0,01	алеврит	алевролит
менее 0,01	пыль	лёсс

Коллоидно-осадочные породы

По определению М.С. Швецова, глина – это «землистая порода, дающая с водой пластичную массу, твердеющую при высыхании, а при обжиге приобретающую твердость камня» [38].

Глинистые породы – очень тонкозернистые образования, размер зерен менее одной сотой доли миллиметра, их нельзя рассмотреть невооруженным глазом. Состоят из глинистых минералов, образовавшихся в результате химического выветривания: каолина, монтмориллонита и гидрослюд. В зависимости от этого различают глины каолиновые, монтмориллонитовые и гидрослюдистые [35].

Для глин характерно землистое строение, землистый запах, образование пластичной массы и разбухание при взаимодействии с водой. Часто указывают, что для глины характерен специфический запах («запах печки»), появляющийся после того, как на нее подышать [37]. Для некоторых разновидностей глин это является характерным, но не может служить диагностическим признаком для всех глин. Например, отличительный признак *бентонитовой* глины – после дождя на ее поверхности образуется густая масса скользкого студня. В сухую погоду она приобретает сморщенный, трещиноватый вид и становится пушистой. Наиболее характерные физические свойства глин:

1) *пластичность* – способность деформироваться (принимать любую форму) без разрыва сплошности под действием внешнего давления и сохранять ее после прекращения давления [4].

По пластичности различают глины «тощие» и «жирные». «Тощие» глины содержат значительное количество частиц кварца, халцедона, опала, суховатые на ощупь, «жирные» глины богаты каолином, жирные на ощупь, на сухой поверхности жирных глин при проведении ногтем остается блестящий след;

2) *липкость* – способность прилипать к различным предметам при определенном увлажнении. Появляется в пластичных грунтах при несколько большей влажности, чем нижний предел пластичности. Количественно липкость оценивается величиной усилия (в кг/см²), которое необходимо приложить, чтобы оторвать предмет от породы (грунта). Определяется

лишность в приборе Охотина [4];

3) *набухание (разбухание)* – свойство породы увеличиваться в объеме при увлажнении. Объясняется образованием вокруг глинистых и коллоидных частиц связанной воды;

4) *усадка* – процесс, обратный набуханию, наблюдается в набухающих породах (грунтах). Заключается в уменьшении объема породы при высыхании;

5) *размокаемость* – процесс взаимодействия породы (грунта) с водой при погружении ее (его) в воду. При этом одни породы (грунты) разрушаются (разваливаются) полностью, другие – частично, а третьи – сохраняют свою структуру и текстуру. Размокаемость зависит от состава, характера структурных связей и влажности, при которой производится погружение образца в воду. Размокаемость оценивают по времени размокания образца, характеру его распада и влажности размокшего образца[4].

6) *способность поглощать* некоторые коллоидальные вещества, красящие вещества, различные масла и т.д. У разных глин эта способность различна;

7) *огнеупорность* – способность противостоять действию высокой температуры без плавления. Степень огнеупорности у разных глин может быть различной. Самая высокая у каолиновой глины.

Глина, содержащая в виде примеси 25 % песка, называется *суглинком* и относится к породам смешанного состава. При смешивании с водой дает пластичную массу. При отмучивании в воде оседают песчинки, а затем глинистые частицы.

Определение содержания пылевидных и глинистых частиц методом отмучивания

Метод отмучивания заключается в определении содержания пылевидных и глинистых частиц по изменению массы песка (суглинка, супеси) после отмучивания частиц крупностью до 0,05 мм [4].

Навеску песка (суглинка, супеси) массой 1 000 г помещают в цилиндрическое ведро и заливают водой таким образом, чтобы высота слоя воды над породой была около 200 мм. Залитую водой породу выдерживают в течение 2-х часов, тщательно перемешивая и тем самым отмывая ее от приравших к зернам глинистых частиц.

После этого содержимое ведра снова энергично перемешивают и оставляют в покое на 2 мин. Через 2 мин сливают сифоном полученную при промывке суспензию, оставляя ее слой над породой высотой не менее 30 мм.

Затем породу снова заливают водой до указанного выше уровня. Промывку песка (суглинка, супеси) в такой последовательности повторяют до тех пор, пока вода после промывки будет оставаться прозрачной. После отмучивания промытую навеску высушивают до постоянной массы m_1 .

Содержание в песке отмучиваемых пылевидных и глинистых частиц ($P_{отм}$) в процентах по массе вычисляют по формуле:

$$P_{отм} = m - m_1,$$

где m – масса высушенной навески до отмучивания, г;

m_1 – масса высушенной навески после отмучивания, г.

Глинистые породы, имеющие видимые невооруженным глазом поры, называют *макропористыми*. К макропористым глинистым породам относятся лёссы. *Лёсс* – это уплотненная пылевато-глинистая порода. Строение землистое, очень нежный на ощупь, легкий, легко растирается между пальцами в тончайшую пыль, образуя мучнистую массу. Легко режется ножом. Вскипает при взаимодействии 10%-ной HCl. С водой дает малопластичную массу. Теряет структурность, распадается, не разбухая. При увлажнении объем уменьшается – *происходят просадки* (табл. 14).

Таблица 14

Способы определения глинистых пород

Название	Способ определения				
	растирание на ладони	изучение через лупу и на глаз	определение состояния		определение способности к скатыванию
			сухого	влажного	
песок	ощущение песчаной массы	видны песчаные частицы	сыпучие	непластичные	не скатываются
супесь легкая	преобладают крупные песчаные частицы	песчаные частицы преобладают над глинистыми частицами	комья легко рассыпаются от давления руки		
супесь	преобладают мелкие пес-	то же	цементация		трудно скатываются в

тяжелая	чаные частицы				шнур, распадается на кусочки по 3-5 мм
супесь пылеватая	ощущение сухой глины	песка мало, преобладают пылеватые частицы	цементации нет	состояние плавунное	шарик при встряхивании легко растекается в лепешку, в шнур не скатывается
суглинок легкий	чувствуются песчаные частицы, комочки раздавливаются легко	ясно видно присутствие песчинок на фоне тонкого порошка	при раздавливании требуется некоторое усилие	пластичность и липкость малая	длинного шнура не получается
суглинок пылеватый	песка мало, комочки раздавливаются легко	видны тонкие пылевидные частицы	комья не твердые, под ударом молотка рассыпаются на мелкие кусочки	пластичный, липкий	длинного шнура не получается, разрывается на кусочки 3 мм

Окончание таблицы 14

суглинок тяжелый	при растирании в сухом состоянии чувствуется присутствие песка, комочки раздавливаются с трудом	то же	то же	то же, но в большей степени	При раскатывании дает длинный шнур диаметром от 1 до 2 мм. Шарик при сдавливании в лепешку трескаются по краям
глины	при растирании в сыром состоянии песчаных частиц не чувствуется; комочки	однородная глинистая тонкая порошкообразная масса, не содержащая частиц крупнее	твердый в кусках, при ударе молотком колется на	очень пластичный липкий и мажущийся	При раскатывании дает прочный длинный шнур диаметром не менее 1 мм.

	ки раздавливаются с большим трудом	0,25 мм	отдельные куски		Легко скатывается в шарики, при сдавливании в лепешку не трескается по краям
--	------------------------------------	---------	-----------------	--	--

Порядок диагностики и описания обломочных пород

1. *Структура (гранулометрический состав)*. Гранулометрическим составом называют содержание частиц или обломков различной крупности. Приёмы и методы определения структуры изложены в общем описании осадочных пород. Название породы дается по содержанию той фракции (песка, гравия и т. д.), количество которой составляет более 50 %.

2. *Цвет*. Необходимо указать преобладающую окраску, ее оттенки, наличие пятен, разводов, прослоек другого цвета. Цвет глинистых пород рекомендуется определять в увлажненном состоянии, так как при высыхании окраска их тускнеет.

3. *Минералогический (для песчаных) или петрографический (для грубообломочных пород) состав*.

4. *Окатанность*.

5. *Примеси* (типы и состав пород, которые не вошли в название данного образца. Например, присутствие в песке гравия, гальки и т. д.).

6. *Текстурные особенности*.

7. *Органические остатки*.

8. Для глинистых пород указать степень вязкости, пластичности в состоянии естественной влажности, способность размокать в воде.

В результате должно получиться цельное описание обломочной породы, например: супесь бурая, во влажном состоянии вязкая, пластичная, со значительным (20–25 %) количеством гальки и редкими зернами гравия. Галька мелкая, хорошо окатанная, представлена розовым гранитом, серым доломитом, темно-серым известняком. Гравий разнородный, преимущественно кварцевого состава. Наблюдается грубая отдельность, обусловленная наличием песчаных прослоек. В верхней части слоя представлено несколько обломков раковин брахиопод.

Порядок диагностики и описания химических и биохимических пород

1. *Название породы.* Для определения названия породы необходимо установить ее химический состав (порода карбонатная, кремнистая). Важным показателем является реакция породы с 10%-ной HCl, которая позволяет выделить карбонатные породы и их разновидности.

2. *Цвет.* Необходимо указать основную окраску, ее оттенки, характер проявления по образцу, вторичные проявления цвета.

3. *Структура.* Для пород данной группы характерны зернистая, органогенная, органогенно-обломочная, плотная, землистая, волокнистая структуры.

Биоморфная структура – характерна для органогенной породы, сложенной из хорошо сохранившихся организмов.

Детритусовая структура – характерна для органогенной породы, представленной обломками скелетов организмов.

4. *Наличие примесей другого вещества,* например, известняк доломитовый, известняк углистый и др.

5. *Текстурные признаки.*

6. *Вторичные изменения породы* (выветривание, перекристаллизация).

7. *Органические остатки.*

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Дать определение понятия «осадочная порода».
2. Перечислить типы структуры осадочных пород.
3. Основные типы текстуры осадочных горных пород.
4. Принцип классификации осадочных горных пород.
5. Принцип классификации осадочных обломочных горных пород.
6. Типы цемента осадочных горных пород.
7. Для чего используется метод отмучивания?
8. Основные свойства глин.
9. Какие породы называются супесями и суглинками?
10. Какие породы называются брекчиями и конгломератами?
11. Какие породы называются лёссами?
12. Назвать и показать на карте основные месторождения каолиновых глин.
13. Применение каолиновых глин.
14. Основные отличительные свойства монтмориллонитовых глин и

их использование.

15. Условия образования ленточных глин.

16. Перечислить основные группы пород химического и биохимического генезиса.

17. Основные типы известняков и их использование.

18. Основные типы углей.

19. Назвать и показать на карте основные месторождения угля.

20. Основные месторождения нефти на территории России.

21. Диагностические признаки опоки.

22. Диагностические признаки мергеля.

23. Минеральный состав осадочных горных пород.

24. Основные направления использования известняков.

МЕТАМОРФИЧЕСКИЕ ГОРНЫЕ ПОРОДЫ

Образуются в результате преобразования ранее существовавших осадочных и магматических пород под воздействием эндогенных процессов. Преобразования протекают в твердом состоянии и выражаются в изменении минерального, иногда химического состава, структуры и текстуры горных пород [30; 33; 54].

Главными факторами метаморфизма горных пород является:

- 1) высокая температура;
- 2) большое всестороннее давление (определяется глубиной погружения);
- 3) давление, ориентированное в одном направлении или одностороннее (связанное с тектоническими движениями и деформациями горных пород), называемое *стрессом* [54];
- 4) высокотемпературные газовые и жидкие растворы, выделяющиеся из внедряющейся магмы и поступающие с больших глубин из мантии.

Процессы метаморфизма могут проявляться на огромных площадях – *региональный метаморфизм* – и на контакте пород с интрузивными магматическими телами – *контактовый метаморфизм* [17; 33].

Наиболее широко распространенным является *региональный метаморфизм* (лат. «*регионалис*» – областной), который охватывает огромные площади горных пород на определенных глубинах и связан с общими физико-химическими условиями данных глубин. Вызывается высоким неравномерным односторонним давлением, температурой и воздействием жидких и газовых флюидов. Региональный метаморфизм обычно приурочен к складчатым областям различного возраста. Наиболее глубоко метаморфизованные породы развиты в пределах древних щитов – Балтийского, Украинского, Алданского, Анабарского. Мощные толщи пород регионального метаморфизма залегают также на различной глубине в основании (фундаменте) древних платформ – Восточно-Европейской и Сибирской [17; 33].

В зависимости от сочетания различных факторов, влияющих на процесс метаморфизма: различной величины геотермического градиента, тектонических движений – могут создаваться термодинамические условия, вызывающие интенсивные процессы метаморфизма. В соответствии с этим метаморфические породы классифицируют по метаморфическим фациям. Под *метаморфической фацией* понимаются породы, сформированные в оп-

ределенных термодинамических условиях [33; 38].

В настоящее время принята следующая система фаций регионально-го метаморфизма:

1. *Цеолитовая фация* – характеризуется минимальными температурами (100–200°) и давлением (1 000–4 000 атм.) Характерны новообразования цеолитов, альбита, адуляров и др.;

2. *Зеленсланцевая фация* (100–350°, 2 500–6 000 атм). Типоморфные минералы – альбит, хлорит, тальк, серпентин. Характерные породы – хлоритовые и тальковые сланцы, филлиты;

3. *Альмандин-амфиболитовая фация* (300–700°, 3 000–7 000 атм). Типичные минералы – роговая обманка, мусковит, дистен, альмандин (гранат). Характерные породы – амфиболиты;

4. *Гранулитовая фация* (более 600°, 3 500–10 000 атм). Включает метаморфические породы, сложенные в основном безводными минералами. Типичные минералы – гранаты, дистен, силлиманит. Характерные породы – гранулиты;

5. *Эклогитовая фация*. Условия образования эклогитов неясны. Предполагается, что эклогитовая фация образуется в наиболее высокотемпературной области высоких давлений. Типичные минералы – гранат, пироксен и рутил, породы – эклогиты [51].

В зависимости от состава и структуры исходных пород при региональном метаморфизме возникают определенные и характерные виды метаморфических пород, которые по мере возрастания температуры и давления претерпевают закономерные преобразования [51].

Особенно значительные изменения испытывают глинистые породы. Еще в процессе диагенеза глины уплотняются, обезвоживаются и превращаются в *аргиллиты*, отличающиеся от глин полной неразмокаемостью. В начальной стадии метаморфизма в условиях низких температур и тектонического давления аргиллиты претерпевают рассланцевание и превращаются в *аргиллитовые сланцы*. Сланцы обычно сохраняют окраску исходных глин. При возрастании кристаллических частиц порода твердеет и превращается в *кровельные сланцы*. Дальнейшее повышение температуры и усиление метаморфизма приводит к полной перекристаллизации глинистого вещества с образованием *филлитов*. Внешне они сходны с глинистыми сланцами, отличаются от них шелковистым блеском. При дальнейшем повышении температуры и давления филлиты переходят в *кристаллические*

сланцы. На самой высшей стадии метаморфизма они преобразуются в *гнейсы* [33; 51].

Кварцевые песчаники с кремнистым цементом при метаморфизме преобразуются в *кварциты*. Кварцевые песчаники с глинистым цементом преобразуются в *слюдяно-кварцитовые сланцы*. Известняки при метаморфизме преобразуются в *мраморы*. Кремнистые породы – опоки, яшмы преобразуются в *мелкозернистые кварциты*, отличающиеся крайне равномерной слабо различимой зернистостью. В результате метаморфизма кислых и средних магматических пород (гранитов и диоритов) образуются гнейсы и слюдяные сланцы. Габбро и базальты на низшей стадии метаморфизма преобразуются в зеленые сланцы, на следующей стадии метаморфизма переходящие в амфиболиты. На высшей стадии метаморфизма амфиболиты переходят в *гранатовые амфиболиты и эклогиты*, состоящие из граната и пироксена. Ультраосновные породы преобразуются в змеевики (серпентиниты) и тальковые сланцы [17; 51].

Контактовый метаморфизм проявляется на контакте двух пород, обычно осадочной и изверженной. Контактовый метаморфизм проявляется по обе стороны от контакта – на внешней и на внутренней стороне. Ширина зоны контактового метаморфизма различна: от нескольких миллиметров и сантиметров, до сотни метров и километров. Вблизи контакта магмы и вмещающей породы образуется пояс, сложенный метаморфическими породами. Чем сильнее воздействие магмы, тем больше ширина пояса [17; 54].

При внедрении магмы действуют все факторы метаморфизма. Контактовый метаморфизм может происходить без существенного привноса новых веществ из магмы и с привносом их в контактовую зону. При контактовом метаморфизме практически без привноса веществ происходит только обжиг в контактовой зоне, частичная ассимиляция и его перекристаллизация. Так образуются контактовые *роговики*. Наиболее сильно явления контактового метаморфизма проявляется при внедрении интрузии в карбонатные породы. Гранитная (алюмосиликатная) магма и карбонатная порода реагируют между собой, в результате чего образуется комплекс новых минералов, характерный исключительно для контактовой зоны этих пород. Такими минералами являются *воластонит* $\text{Ca}_3[\text{Si}_3\text{O}_9]$ и *гроссуляр* $\text{Ca}_3\text{Al}_2[\text{SiO}_4]_3$. Кальций в них заимствуется из карбонатной породы, а глино-

зем и кремнезем – из алюмосиликатной магмы. Реакция между алюмосиликатной и карбонатной породами происходят особенно интенсивно, когда в приконтактную зону попадают постмагматические растворы, которые могут привносить с собой в боковые породы железо, марганец, вольфрам, молибден, свинец, цинк, кремнекислоту, щелочь и др. При посредстве этих растворов происходит диффузионный обмен различными компонентами между контактирующими средами. Реакционный обмен компонентами и присутствие новых веществ, принесенных растворами, приводит к образованию в контактовой зоне своеобразных пород – *скарнов*. *Скарны* – это метасоматические породы, образовавшиеся в контакте гранитоидных интрузий с карбонатными породами при обязательном участии постмагматических растворов. Характерными минералами скарнов являются пироксены (диопсид, геденбергит), гранаты (гроссуляр, андрадит) и другие более сложные силикаты, содержащие кальций, из рудных минералов – шеелит, молибденит, магнетит, халькопирит, галенит и сфалерит [17; 33].

В ходе преобразования горных пород выделяют следующие типы метаморфизма:

1. *Динамометаморфизм (дислокационный)*, или *катакластический* (греч. «катаклазо» – разрушаю) – происходит в верхних зонах земной коры. под воздействием сильного одностороннего давления (*стресса*) в условиях невысоких температур и заключается в интенсивном дроблении минеральных зерен без существенной их перекристаллизации. Связан с тектоническими движениями, вызывающими разрывы в земной коре и перемещение по ним отдельных блоков. Локализуется вдоль разрывных тектонических нарушений [54].

В зависимости от величины и соотношений температуры и давления в зонах разрывных тектонических нарушений выделяют следующие характерные горные породы:

- *Тектонические брекчии*, почти не измененные по составу горные породы, состоящие из различных по величине остроугольных обломков, сцементированных мелкодробленой массой.

- *Катаклазиты*, соответствуют начальной стадии динамометаморфического изменения горных пород. В них наблюдается сильное раздробление всех хрупких минералов, изогнутость и смятие более пластичных минералов (слюды, хлориты), но при этом сохраняются черты исходной горной породы. В таких

случаях применяются такие названия, как катаклазированный гранит и др.

- *Милониты* образуются при более интенсивном одностороннем давлении. Состоят из тонкораздробленного материала наподобие муки (отсюда термин «милонит») [54].

2. *Термометаморфизм* – возникает при воздействии высоких температур.

При разогревании породы происходит перекристаллизация вещества. При термометаморфизме активное участие принимает вода, которая, превращаясь в пар и вступая в реакции, способствует образованию новых минералов. Термальный метаморфизм очень четко проявляется на контактах с интрузиями, температура которых часто превышает 1 000° С. Остывание интрузий идет очень медленно, поэтому происходит значительный прогрев вмещающих пород.

3. *Гидротермальный и пневматолитовый метаморфизм* осуществляется при интенсивном привносе горячими водными растворами и газовыми потоками в породу новых веществ, поднимающихся из остывающего магматического очага. В результате происходит изменение не только минерального, но и химического состава пород [17; 33; 54].

При очень интенсивном привносе новых веществ и развитии замещения первичных минералов химически активными веществами возникает особый вид метаморфизма – *метасоматоз*. Например, кремнекислые растворы, поступающие из магмы, могут заместить карбонат кальция в известняковой породе и тогда известняк сначала становится кремнистым, а затем может превратиться в кварцит. Метасоматические тела имеют часто трубчатую или неправильную форму. Залегают большей частью среди карбонатных пород. Большое значение при метасоматозе имеет вода, которая облегчает процесс переноса веществ и, растворяя и выщелачивая неустойчивые компоненты вмещающей породы, способствует образованию полостей, в которых отлагаются вновь приносимые элементы. Такие полости иногда могут быть очень малы, до размера пор между отдельными минералами [54].

Главные отличия метаморфических пород от осадочных и магматических заключаются в их минеральном составе и структурно-текстурных признаках. Метаморфические породы состоят из минералов устойчивых в условиях высоких температур и давлений. К ним относятся

большинство минералов магматических пород: кварц, плагиоклазы, полевые шпаты, мусковит, биотит, роговая обманка, пироксен (авгит), магнетит, гематит, а также типичный минерал осадочных горных пород – кальцит. Кроме этого, в метаморфических горных породах распространены минералы, характерные только для них – серицит, хлорит, тальк, серпентин, гранат, графит [38].

При региональном метаморфизме в результате перекристаллизации при одностороннем давлении образуются минералы, которые в других условиях не возникают. Типичными минералами регионального метаморфизма являются *слюды, гранаты, дистен, андалузит и др.* Они являются пороодообразующими для широко распространенных метаморфических горных пород – кристаллических сланцев и гнейсов [38].

В процессе регионального метаморфизма могут возникать крупные месторождения железных руд в виде железистых кварцитов (например, Кривой Рог, Курская магнитная аномалия). С региональным метаморфизмом связано образование т.н. *сухих трещин* или *жил альпийского типа*, которые являются источником горного хрусталя (пьезокварца), лунного камня (адуляра) и других минералов [54].

Особенности внутреннего строения метаморфических горных пород: структура и текстура

Метаморфические породы имеют обычно кристаллическую структуру, которая отличается от кристаллической структуры магматических пород как по происхождению, так и по облику. Особенно характерна:

- 1) листоватая;
- 2) чешуйчатая;
- 3) игольчатая;
- 4) таблитчатая форма зерен [38].

Реже метаморфические породы имеют *зернисто-кристаллическую* структуру. Различают слабометаморфизованные скрытокристаллические породы и переходные разновидности, содержащие участки первичных пород некристаллического строения. Остаточные структуры первичных пород называются *реликтовыми* [38].

Текстурные особенности относятся к важнейшим отличительным призна-

кам метаморфических пород.

По взаимному расположению и типам минеральных зерен выделяются следующие *текстуры*:

1) *сланцеватая* – с параллельным расположением чешуйчатых или таблитчатых минералов;

2) *гнейсовая* – с параллельным расположением таблитчатых минералов, при малом содержании чешуйчатых частиц;

3) *полосчатая* – с чередованием полос разной толщины различного минерального состава;

4) *волокнистая* – характерна для пород, сложенных волокнистыми и игольчатыми минералами, вытянутыми примерно в одном направлении;

5) *очковая* – с рассеянными в породе более крупными овальными зернами или агрегатами, обычно выделяющимися по цвету (*очковый гнейс*);

6) *плойчатая* – характеризуется присутствием в породе очень мелких складок;

7) *массивная* – характеризуется прочным сложением породы при плотном, связном соединении минеральных зерен (кварцит) [38].

ОПИСАНИЕ МЕТАМОРФИЧЕСКИХ ГОРНЫХ ПОРОД

БЕРЕЗИТ. Название получил по Березовскому золоторудному месторождению в Свердловской области на Урале. Структура мелкозернистая. Текстура массивная. Состоит из кварца и серицита с примесью анкерита или доломита и рассеянной вкрапленностью пирита. Иногда присутствуют полевые шпаты – альбит или ортоклаз. Цвет белый, светло-серый, желтоватый. При выветривании происходит разложение сульфидов и карбонатов, порода приобретает бурую окраску. Порода твердая, прочная. Излом неровный зернистый. Образуется в результате изменения пород гранитного состава вблизи гидротермальный кварцевых жил (жильных гранитов и гранит-порфиоров). Слагает приконтактные зоны кварцевых жил в среднетемпературных жильных гидротермальных месторождениях золота, свинца, цинка, меди и др.

Диагностика: светлая окраска, рассеянная вкрапленность пирита. Ассоциация с породами гранитного состава и кварцевыми жилами.

Важный поисковый признак на золото, полиметаллы. Нередко сам березит является золотоносным. Встречается на Урале (Березовское месторождение недалеко от Екатеринбурга), Кавказ (Садонское месторождение), Восточное Забайкалье (месторождение Кличка), Средняя Азия (месторождение Кармазор [35]).

ГНЕЙС. Строение зернисто-сланцеватое. Присутствуют кварц, полевые шпаты, слюды, иногда роговая обманка. По минералогическому составу и по окраске напоминают гранит. Отличаются по текстуре. Для гнейсов характерна полосчатая текстура, вызванная чередованием более светлых минералов и темных. Некоторые гнейсы отличаются присутствием крупных кристаллов полевого шпата среди более мелкозернистой массы (*очковые гнейсы*). Гнейсы, образованные из осадочных пород, называются *парагнейсами*, из магматических – *ортогнейсами*.

Находят применение как строительный материал (щебень, бутовый камень), но уступают по прочности гранитам, т.к. легко выветриваются.

Гнейсы широко распространены среди древних метаморфических пород. Ими сложены значительные площади в Восточной Сибири и Карелии. Кристаллический фундамент Русской платформы сложен в основном гнейсами. Вместе с кристаллическими сланцами они распространены на Урале, Украине, Средней Азии и др. [35].

КВАРЦИТ. Название связано с минеральным составом породы. Порода в основном состоит из кварца. Структура кристаллически-зернистая, обычно мелкозернистая до афанитовой. Текстура массивная, слоистая. Цвет различный. Имеет монотонную, чаще всего серую и светло-серую, окраску. Яркую темно-малиновую, красновато-коричневую и розоватую окраску придает примесь гематита или лимонита. Твердость высокая: на свежем сколе слабую царапину может оставить кварц или еще более твердый минерал. Излом зернистый или раковистый. Является продуктом регионального метаморфизма кремнистых или песчанистых пород.

Диагностика: по внешнему виду больше всего напоминает мрамор. От мрамора отличается большей твердостью, изломом и отсутствием реакции с 10-ной HCl. От песчаника отличается более высокой твердостью, отсутствием структуры обломочных пород и характером излома. Используется как высокосортный облицовочный и декоративный камень. Широкой популярностью пользуются кварциты Карелии, например, *шокишинские* кварциты, добываемые вблизи Шокши (к югу от Петрозаводска). Они имеют темно-красный цвет и очень красивы в полированном виде. Шокшинским кварцитом облицована верхняя часть мавзолея В.И. Ленина в Москве. Очень красив розовый *белорецкий* кварцит, разрабатываемый на Алтае. Свободные от примесей кварциты используются также в химической промышленности как кислотоупорный материал. Кварцит используется для изготовления огнеупорного кирпича – *динаса* [33; 35].

ЛИСТВЕНИТ. Название по обычным зеленым тонам окраски. Структура равномерно-мелкозернистая. Текстура массивная или пятнистая. Состоит из кварца, магнезита, хромсодержащего мусковита, фуксита, хлорита, пирита или гематита. Цвет из-за присутствия фуксита зеленый, серовато-или желтовато-зеленый. Вследствие разложения пирита буреет. Твердость средняя. Излом неровный. Образуется в результате воздействия углекислых растворов на серпентиниты, в процессе формирования гидротермальных кварцевых жил. Находится в околожилльных зонах, сопровождающих золоторудные кварцевые жилы в серпентинитах. Образуется ассоциации с тальково-карбонатными породами.

Диагностика: яблочно-зеленая окраска, сильный алмазный блеск. Ассоциация с кварцевыми жилами в серпентинитах. По цвету можно спутать с амазонитом. Отличие: отсутствие спайности, более сильный блеск.

Практическое значение: сопровождает среднетемпературные золотрудные кварцевые жилы в серпентинитах и некоторые ртутные месторождения. Разности, отличающиеся красивой окраской, используются как поделочный камень.

Встречается на Урале (Березовское месторождение недалеко от Екатеринбурга, в районе Миасса), Северный Кавказ, Алтай, Бурятия и другие провинции развития ультраосновных горных пород [35].

МРАМОР. Структура кристаллически-зернистая. Текстура массивная, полосчатая, пятнистая. Порода целиком состоит из кальцита и (или) доломита. Их количественные соотношения определяют видовую принадлежность мрамора (кальцитовый мрамор, доломитовый мрамор, разновидности смешанного состава). Цвет белый, серый до темно-серого, зеленоватый, розоватый, красный, желтый и кремовый. Зеленый и особенно синий мрамор являются редкими. Блеск стеклянный, искристый, но может быть и матовый. Излом характерный зернистый, называемый «сахарным». Твердость средняя. Кальцитовый мрамор бурно реагирует с 10%-ной HCl.

Диагностика: по структурно-текстурным особенностям можно спутать с кварцитом. Отличается по твердости и реакции с 10%-ной HCl. От известняков отличается кристаллически-зернистым строением и отсутствием остатков фауны [33; 35].

Мрамор образуется в результате регионального или контактового метаморфизма карбонатных осадочных горных пород и минералов. Один из лучших облицовочных и декоративных материалов, прекрасно полируется. Используется для изготовления плит, ступеней, памятников. Мелкие фракции от отходов основного производства используются в лакокрасочной промышленности, в косметической отрасли, в медицине, в сельском хозяйстве. Чистые мраморы – хорошие электроизоляторы. Месторождением самого белого мрамора в России является Коелгинское в Челябинской области (рис. 59). Специалисты считают, что Коелгинский мрамор практически не отличается от знаменитого итальянского. Результаты тестирования Коелгинского белого мрамора по стандартам Американской ассоциации тестирования материалов ASTM 503-89 от 20 апреля 1994 г. установили, что показатели Коелгинского мрамора по абсорбции, плотности, силы компрессии, абразивной устойчивости и прочности выше или на уровне показателей по мрамору Бианко Каррара [6].

Серый мрамор добывают на Шелеинском месторождении на Урале и в Грузии (м-ие Лопотское). Цветные мраморы распространены на Урале (Нижне-Тагильское, Саткинское, Фоминское месторождения), в Карелии (Белогорское), в Саянах, на Дальнем Востоке (Бираканское) [19].

СЕРПЕНТИНИТ. Название от лат. *serpent* – змея, по характерному пятнистому рисунку. Структура мелкозернистая, листоватая, тонкочешуйчатая. Текстура массивная, полосчатая, пятнистая, плоччатая, параллельно-волоконистая. Состоит из серпентина, содержит хромит, магнетит. Цвет желтовато-зеленый, темно-зеленый до черного, иногда желтый, буровато-красный, почти белый, часто наблюдается изменение окраски в разных частях образца. Твердость средняя. Излом неровный, занозистый.

Происхождение: гидротермально-метасоматическое, гипергенное. Образуется в результате метаморфического преобразования магматических ультраосновных горных пород, богатых оливином и пироксеном. Процессы химического выветривания оливин- и пироксеносодержащих горных пород под воздействием поверхностных вод также приводят к образованию серпентинитов.

Диагностика: по характерному темно-зеленому цвету, жирному блеску. Серпентиниты иногда сильно магнитны в связи с присутствием в них мелких зерен магнетита.

Широко используется как облицовочный материал, поделочный камень. Серпентиниты широко распространены по всему Уралу, на Северном Кавказе, в Армении, Сибири, Казахстане [33; 35].

СЛАНЦЫ. Являются типичными продуктами регионального метаморфизма. Строение сланцеватое, зернисто-сланцеватое. Окраска в зависимости от минерального состава различная.

По минеральному составу выделяют следующие разновидности:

- 1) *слюдяной мусковитовый сланец* представлен слюдой белого цвета;
- 2) *слюдяной биотитовый сланец* представлен слюдой черного цвета;
- 3) *двуслюдяной сланец* представлен слюдой белого и черного цвета.

Применение: см. мусковит и биотит. Слюдяные сланцы встречаются в Карелии, на Урале, в Сибири [35].

4) *хлоритовый сланец.* Состоит из хлорита или хлорита и кальцита. Цвет зеленый различных оттенков. Твердость средняя. Нередко встречаются кристаллы магнетита;

5) *тальковый сланец*. Состоит из одного минерала – талька. Практическое значение такое же как у талька. Широко распространен на Урале (Свердловская и Челябинская области), в Кемеровской области, Карелии и др.

6) *глинистый сланец*. Состоит из тонких глинистых частиц с примесью пылеватых частиц кварца, иногда частиц хлорита. Тусклый. Окраска зеленоватая, сероватая, желтоватая, бурая, черная. Легко распадается на плитки. Не размокает в воде. Если подышать на него – издает землистый запах. *Разновидность*: кровельный сланец (естественный шифер) – плотный, легко раскалывается на плитки. Используется как кровельный материал. В размельченном виде глинистые сланцы используются в производстве линолеума, изоляционных материалов, резиновых изделий. Встречаются на Урале (Атланское месторождение), Карелии, Сибири [35; 37].

ЯШМА. Структура скрытокристаллическая. Текстура крайне разнообразная: массивная, пятнистая, полосчатая, плейчатая (складчатая) и др. Часто образует причудливые узоры. По минеральному составу представляет собой агрегат халцедона и кварца. Встречаются остатки морских животных с кремнистым скелетом. Порода каменная, очень плотная. Твердость высокая. Излом ровный или раковистый (роговиковый). Осколки острые с режущими и колющими краями. Блеск на свежей поверхности матовый. Окраска породы яркая, как однородная, так и изменчивая в одном куске. Наиболее распространенными являются темно-красные, алые, розовые, бурые, сургучные, палевые, темно-кофейные, вишневые, зеленые, желтые, серые до белых тонов яшмы (рис. 60, 61).

Тонко распыленные и неравномерно распределенные примеси эпидота, актинолита, хлорита, слюд, пирита, окислов и гидроокислов железа, марганца и др. обуславливают разнообразие и пестроту окраски породы. Все разновидности яшм выделяют по *текстурным особенностям*. По характеру окраски. выделяют *одноцветные* и *пестроцветные* разновидности. Среди пестроцветных яшм наиболее ценными являются *пейзажные*, текстурный узор которых сопоставим лишь с искусными видовыми зарисовками. Характерными представителями пейзажных яшм являются *орские яшмы* (рис. 62).

По виду рисунка среди пестроцветных выделяют также *ситцевые яшмы*, характеризующиеся особой текстурой своеобразного сочетания слагающих компонентов с различной окраской. Характерной особенностью

полосчатых (ленточных) яшм является чередование разноокрашенных прослоев и полос, толщиной от миллиметра до нескольких сантиметров. Классический представитель – *ревневская яшма* (гора Ревневая на Алтае), *кушкульдинская яшма* (Урал).

Полосчатые яшмы обнаруживаются и среди пестроцветных орских яшм, где полосчатость представлена в виде тонких прямолинейных или извилистых прослоек белого, желтоватого или розоватого цвета. Среди одноцветных яшм более всего преобладают *сургучные* и *серовато-зеленые* технические яшмы, например, серовато-зеленые яшмы Калканского месторождения, Кушкульдинского, буровато-красные Анастасьевского месторождения, серо-синие Мулдакаевского месторождения, кофейные яшмы Луговского и Сафаровского месторождения, красные (сургучные) яшмы Крыма [35].

Диагностическим признаком яшм является характерная яркая, пестрая окраска, высокая твердость.

Образование яшм связано с накоплением илов, состоящих из опаловых скелетов микроскопических одноклеточных животных – радиолярий в глубоких, но узких морских впадинах. Кремний усваивался радиоляриями из морской воды, куда он поступал в большом количестве в результате мощной вулканической деятельности [35].

Яшмы высоко ценятся как красивый и прочный поделочный и декоративный камень. Гетманская булава Богдана Хмельницкого и булава казанского хана Махмета Амина были выточены из яшмы с украшениями из дорогих самоцветов. Калканская яшма, характеризующаяся монолитностью своих образований, является ценным техническим сырьем.

Первое свидетельство о яшме, добытой в России (в Забайкалье), относится к 1717 г. На базе алтайских яшм уже более 200 лет функционирует знаменитый Кольванский камнерезный завод.

Особой известностью пользуются уральские яшмы. Месторождения яшм образуют т.н. яшмовый пояс Южного Урала. Широкая полоса месторождений яшм тянется в меридиональном направлении от города Миасса в Челябинской области к югу примерно на 500 километров. Из группы месторождений яшм особенно выделяется Учалинское месторождение, а также яшмы Магнитогорские и Сибайские. Из Сибайской группы месторождений известностью пользуется Карюкмасское месторождение бледно-розовой и темно-красной *карюк-масской* яшмы. Большой известностью пользуется *аушкульская* яшма, палевого и

песочного цвета с характерными дендритами марганца, месторождение которой находится на горе Ауштау у озера Аушкуль в Башкирии (рис. 63).

На хребте Ирендык залегает яшма зеленой окраски, в районе марганцевого рудника Султанбай добывают *султанбаевскую* мясо-красную яшму с белыми кварцевыми прожилками. Южнее Миасса у горы Кумач встречается *сургучная* яшма, получившая такое название по своему цвету.

На территории СНГ зарегистрировано более 500 месторождений яшм и яшмоидов, самые крупные – на Южном Урале, Горном и Рудном Алтае, Северном Кавказе, в Казахстане, на Дальнем Востоке.

Кремнистая порода, по внешнему виду и физическим свойствам близкая к яшмам, называется *яшмоид* [13].

ЯШМОИДЫ – поствулканические кремнистые образования. Основной пороодообразующий минерал – халцедон с характерным микроволокнистым, сферолитовым сложением. В составе яшмоидов типичны гидроксиды железа, иногда гематит [13]. Яшмоиды связаны с миндалекаменными эффузивами. Распространены на Кавказе, Центральной и Восточной Сибири, на Дальнем Востоке, иногда на Урале и Алтае.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 11

Определение метаморфических горных пород

Цель: овладеть визуальным (макроскопическим) методом диагностики метаморфических горных пород по структурно-текстурным особенностям внутреннего строения.

Оборудование: рабочая коллекция метаморфических горных пород, предметные стекла, флакон 10%-ной HCl.

Задание 1. Выявить основные текстурные признаки и различия метаморфических горных пород рабочей коллекции.

Задание 2. На основании текстурных признаков выделить основные типы метаморфизма.

Задание 3. Охарактеризовать минеральный состав метаморфических горных пород.

Ход работы

Метаморфизм происходит под воздействием высокой температуры и давления, а также вследствие привноса и выноса вещества высокотемпературными растворами и газами. Большую роль также играет исходный минеральный состав горных пород. Метаморфические горные породы классифициру-

ют соответственно типам метаморфизма. По преобладанию тех или иных факторов в ходе преобразования выделяется несколько типов метаморфизма:

1. *Региональный метаморфизм* вызывается высоким неравномерным давлением и температурой и захватывает большие пространства. Процесс сопровождается перекристаллизацией и новым минералообразованием в условиях расплющивания и пластического течения пород, что приводит к появлению наиболее характерному для метаморфических образований ориентированному (параллельному) расположению минеральных зерен.

2. *Динамометаморфизм* возникает под воздействием давления в условиях невысоких температур и заключается в интенсивном дроблении минеральных зерен без существенной их перекристаллизации.

3. *Контактный метаморфизм* наблюдается вдоль границ магматических тел и имеет местное (локальное) значение в преобразовании вмещающих пород, изменении их структуры, текстуры и состава. Вызывается действием высокой температуры, паров и растворов.

4. *Пневматолитовый и гидротермальный метаморфизм* развивается при интенсивном привносе в породу новых веществ горячими водными растворами и газами, поднимающимися из магматического очага. При этом происходит изменение минерального и химического состава пород.

5). *Метасоматоз* – возникает при очень интенсивном привносе новых веществ и развитии замещения первичных минералов химически активными веществами [38].

Особое значение для определения метаморфических горных пород имеют *текстурные* особенности. Породы регионального метаморфизма обычно имеют *сланцеватую* текстуру. Локально-метаморфические горные породы характеризуются *массивной* текстурой.

Метаморфические породы состоят лишь из минералов устойчивых в условиях высоких температур и давления (кварц, полевой шпат, мусковит, биотит, роговая обманка, авгит, магнетит, гематит, кальцит). Также в метаморфических горных породах распространены минералы, характерные только для них: серицит, хлорит, серпентин, гранат, графит и др.

Описание метаморфических пород следует производить по следующей схеме:

1. Название
2. Структура

3. Текстура
4. Минеральный состав
5. Происхождение
6. Применение
7. Месторождения
8. Диагностика

Изучение метаморфических горных пород имеет большое практическое значение, т.к. с этими породами связано огромное количество важнейших полезных ископаемых. Крупнейшие месторождения железа связаны с региональнометаморфизованными породами (КМА, Криворожское и др.).

Крупные месторождения полиметаллов, редких металлов связаны с зонами контактово-пневматолитового метаморфизма.

Особенно многочисленны месторождения связанные с гидротермальным метаморфизмом (полиметаллы, золото).

Многие метаморфические горные породы сами по себе являются ценными полезными ископаемыми и используются как строительный и декоративный камень.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какие признаки являются наиважнейшими при определении метаморфических горных пород?
2. Назовите основные факторы и типы метаморфизма с ними связанные.
3. Основные структуры метаморфических горных пород.
4. Основные текстуры метаморфических горных пород.
5. В чем заключаются особенности минерального состава метаморфических горных пород?
6. В чем заключаются отличительные признаки мрамора и кварцита?
7. Показать на карте основные месторождения мрамора.
8. Диагностические признаки яшмы и ее разновидности.
9. Месторождения *пейзажной* яшмы.
10. В чем заключается практическое значение метаморфизма?

УКАЗАТЕЛЬ МИНЕРАЛОВ

Обычным шрифтом даны названия минералов, описания которых приводятся в практикуме, *курсивом* – названия разновидностей и синонимы.

Авгит	131	Ильменит	120
<i>Авантюрин</i>	122	<i>Исландский шпат</i>	110
<i>Агат</i>	122	Кальцит	110
Азурит	108	Кварц	121
Алмаз	96	Кианит	135
<i>Альмандин</i>	133	Киноварь	127
<i>Амазонит</i>	141	Лабрадор	136
<i>Аметист</i>	121	Лазурит	137
<i>Андрадит</i>	133	Лимонит	123
Апатит	115	Магнетит	112
Барит	116	Магнетит	124
Биотит	132	Малахит	114
Галенит	126	<i>Марьино стекло</i>	118
Галит	107	<i>Микроклин</i>	140
Гематит	119	Молибденит	128
Гипс	117	<i>Морион</i>	122
Горный хрусталь	121	Мусковит	137
Гранат (группа)	132	Нефелин	138
Графит	102	Оливин	139
<i>Гроссуляр</i>	133	<i>Оникс</i>	122
<i>Демантоид</i>	133	<i>Опал</i>	122
Дистен	135	<i>Ортоклаз</i>	140
Доломит	109	Пирит	129
<i>Жемчуг</i>	110	<i>Пироп</i>	133
Золото	92	<i>Плагиоклаз</i>	136
Платина	95	Сфалерит	130
Полевой шпат	140	<i>Уваровит</i>	133
<i>Празём</i>	122	Флюорит	106
<i>Раухтопаз</i>	122	<i>Халцедон</i>	122
Роговая обманка	142	Халькопирит	131
<i>Селенит</i>	118	<i>Хризолит</i>	139
Сера	105	Хромит	126
<i>Сердолик</i>	122	<i>Цитрин</i>	122
Сидерит	115	<i>Шорломит</i>	134
Сильвин	108		

УКАЗАТЕЛЬ ГОРНЫХ ПОРОД

Обычным шрифтом даны названия главных типов пород, описание которых приводится в практикуме, *курсивом* – названия разновидностей и синонимов.

Алеврит	207	Известняк	216
Андезит	183	Каменный уголь	228
Антрацит	228	Каолинитовая глина	210
Аргиллит	213	Кварцевый порфир	188
Базальт	180	Кварцит	254
Березит	252	Конгломерат	208
Боксит	213	Лёсс	208
Брекчия	207	Лигнит	225
Бурый уголь	225	Липарит	187
Валун	206	<i>Мандельштейн</i>	180
Габбро	179	<i>Мариуполит</i>	190
<i>Гагат</i>	226	Мел	218
Галечник	206	Мергель	219
Глина	209	<i>Миасскит</i>	190
Глыба	205	Монтмориллонитовая глина	211
Гнейс	253	Мрамор	255
Горючие сланцы	230	Нефелиновый сиенит	190
Гравелит	201	Нефть	230
Гравий	206	Обсидиан	188
Гранит	185	Опока	214
Диабаз	181	Пегматит	192
Диатомит	215	Перидотит	177
Диорит	182	Песок	207
Дресва	206	Песчаник	209
Дунит	176	Пироксенит	178
Полимиктовая глина	212	Уголь бурый	225
Порфирит	184	Уголь каменный	228
Серпентинит	257	<i>Фойяит</i>	190
Сланцы	257	<i>Хибинит</i>	190
Суглинок	213	Щебень	206
Торф	219	Яшма	258
<i>Траппы</i>	180	Яшмоид	262
Трепел	216		

ОТВЕТЫ НА КРОССВОРДЫ

Кроссворд 1

- 1 – перевал
 - 2 – черта
 - 3 – сель
 - 4 – хары
 - 5 – каньон
 - 6 – щетка
 - 7 – размыв
- «Не счесть алмазов в каменных пещерах»

Кроссворд 2

- 1 – аметист
 - 2 – вернадит
 - 3 – падь
 - 4 – хризолит
 - 5 – Черский
 - 6 – янтарь
 - 7 – хондриты
 - 8 – юра
- «В пределах земной коры роль воды исключительна»

Кроссворд 3

- 1 – амазонит
 - 2 – щетка
 - 3 – янтарь
 - 4 – каротаж
 - 5 – самум
 - 6 – эра
- «Текущая река – это сама жизнь»

Кроссворд 4

- 1 – агат
 - 2 – берилл
 - 3 – кокс
 - 4 – мумие
 - 5 – натеки
 - 6 – натеки
 - 7 – хитин
 - 6 – палеоген
- «С миру по нитке – голому рубашка»

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Дифференциация наук о Земле и изучение Земли и земной коры с различных точек зрения, а также взаимодействие смежных наук дает возможность познания целостного процесса развития нашей планеты.

Дисциплины, изучающие вещественный состав земной коры, занимают важное место в системе естественно-научного образования, особенно географического. Усвоение знаний о составе и свойствах минералов и горных пород, об их генезисе и закономерностях пространственного размещения является обязательным условием для подготовки современного географа и высококвалифицированного педагога. Умение понимать и объяснять мир природных явлений в их историческом развитии является очень важным для каждого естествоиспытателя.

Геология имеет большое познавательное значение, и знание ее основ необходимо всем, кто занимается естествознанием, тем более учителям географии.

Пособие содержит многочисленные цветные иллюстрации – фотографии минералогических и петрографических объектов, большая часть из которых являются авторскими, штриховые рисунки заимствованы из общедоступных справочников и учебных пособий.

Но необходимо учитывать, что диагностика объектов неживой природы – минералов и горных пород, вследствие большой изменчивости их внешнего облика, является более сложной, чем определение биологических объектов. Поэтому при определении минералов и горных пород недостаточно ограничиваться только сравнением встреченных объектов с помещенным в книге изображением.

Краткость пособия предполагает дальнейшее углубление знаний и совершенствование методических приемов путем изучения специальной и дополнительной литературы.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Андреев, Б.И. Каменноугольные бассейны СССР [Текст] / Б.И. Андреев, Д.В. Кравченко. – М., 1958.
2. Барская, В.Ф. Практические работы по общей геологии [Текст] / В.Ф. Барская, Г.И. Рычагов. – М., 1971.
3. Безрук, В.М. Геология и грунтоведение [Текст] / В.М. Безрук, М.Т. Кострико. – М.: Недра, 1969.
4. Бирюков, Н.С. Методическое пособие по определению физико-механических свойств грунтов [Текст] / Н.С. Бирюков, В.Д. Казарновский [и др.]. – М.: Недра, 1973.
5. Бондарев, В.П. Основы минералогии и кристаллографии с элементами петрографии [Текст] / В.П. Бондарев. – М.: Высшая школа, 1986.
6. Васильева, Н.Н. Белый мрамор России [Текст] / Н.Н. Васильева // Проблемы географии Урала и сопредельных территорий: материалы IV Всерос. научно-практич. конф. с междунар. участием. – Челябинск: Край Ра, 2016. – С. 106–112.
7. Вассоевич, Н.Б. Современные представления об условиях образования нефти [Текст] / Н.Б. Вассоевич. – М., 1981.
8. Высоцкий, Э.А. Геология металлических полезных ископаемых [Текст] / Э.А. Высоцкий [и др.] – Минск, 2006.
9. Гальперин, М.В. Экологические основы природопользования [Текст] / М.В. Гальперин. – М., 2002.
10. Гаранин, В.К. Алмаз: штрихи к портрету (история открытия российских месторождений, особенности генезиса) [Текст] / В.К. Гаранин, М.Б. Лейбов // Минералогический альманах «В мире минералов». – Т. 19: выпуск 1, 2014. – С. 30–47.
11. Золоев, К.К. Геологическое развитие и металлогения Урала [Текст] / К.К. Золоев, М.С. Рапопорт, Б.А. Попов. – М.: Недра, 1981.
12. Геологический словарь: т. 1: А–М [Текст] / ред. коллегия. – М., 1973.
13. Геологический словарь: т. 2: Н–Я [Текст] / ред. коллегия. – М., 1973.
14. Годовиков, А.В. Минералогия [Текст] / А.В. Годовиков. – М.: Недра, 1975.
15. Гурский, Б.Н. Практикум по общей геологии [Текст] / Б.Н. Гурский. – Минск: Высшая школа, 1978.

16. Давыдов, С.П. Нефть как топливный ресурс и загрязнитель окружающей среды [Текст] / С.П. Давыдов, В.И. Тагасов. – М.: РУДИ, 2004.
17. Жуков, М.М. Основы геологии [Текст] / М.М. Жуков. – М.: Недра, 1971.
18. Засков, В.В. Благородные металлы в рудах и древних золотых изделиях Южного Урала [Текст] / В.В. Засков. – Екатеринбург, 2012.
19. Еремин, Н.И. Неметаллические полезные ископаемые [Текст] / Н.И. Еремин. – М.: Академкнига, 2007.
20. Каденская, М.И. Руководство к практическим занятиям по минералогии и петрографии [Текст] / М.И. Каденская. – М., 1976.
21. Каржавин, Н.А. Красная Шапочка [Текст] / Н.А. Каржавин. – М., 1975.
22. Келлер, В.Э. Игротека юного геолога [Текст] / В.Э. Келлер. – Сысерть, 1997.
23. Коган, Б.И. Редкие металлы [Текст] / Б.И. Коган. – М.: Наука, 1978.
24. Коломенский, Н. В. Специальная инженерная геология [Текст] / Н.В. Коломенский. – М.: Недра, 1969.
25. Корнилов, Н.И. Ювелирные камни [Текст] / Н.И. Корнилов, Ю.П. Солодова. – М.: Недра, 1986.
26. Короновский, Н.В. Основы геологии [Текст] / Н.В. Короновский, А.Ф. Якушова. – М.: Высшая школа, 1991.
27. Короновский, Н.В. Геология [Текст] / Н.В. Короновский, Н.Л. Ясаманов. – 4-е изд., стереотип. – М.: Академия, 2007.
28. Кострин, К.В. Почему нефть называется нефтью [Текст] / К.В. Кострин. – М.: Недра, 1967.
29. Котлуков, В.А. Огненный камень – горючие сланцы [Текст] / В.А. Котлуков. – Л., 1987.
30. Лапинская, Т.А. Основы петрографии [Текст] / Т.А. Лапинская, Б.К. Прошляков. – М.: Недра, 1974.
31. Лебедева, Н.Б. Пособие к практическим занятиям по общей геологии [Текст] / Н.Б. Лебедева. – МГУ, 1962.
32. Малахов, А.А. Практикум по геологии [Текст] / А.А. Малахов [и др.] – М., 1966.
33. Миловский, А.В. Минералогия и петрографии [Текст] / А.В. Миловский. – М.: Недра, 1968.
34. Миловский, А.В. Минералогия [Текст] / А.В. Миловский, О.В. Кононов. – М.: МГУ, 1977, 1982.
35. Минералы и горные породы СССР [Текст] / ред. А.И. Гинзбург. – М., 1970.

36. Методическое руководство по определению физических свойств горных пород и полезных ископаемых [Текст] / ред. Н.Б. Дортман, М.Л. Озерская. – М.: Госгеолтехиздат, 1962.
37. Музафаров, В.Г. Определитель минералов, горных пород и окаменелостей [Текст] / В.Г. Музафаров. – М.: Недра, 1979.
38. Павлинов, В.Н. Пособие к лабораторным занятиям по курсу общей геологии [Текст] / В.Н. Павлинов. – М.: Недра, 1970.
39. Панфилова, Л. Мрамор Коелги: вчера, сегодня и всегда [Текст] / Л. Панфилова. – Челябинск, 2005.
40. Петров, В.П. Рассказы о поделочном камне [Текст] / В.П. Петров. – М.: Наука, 1982.
41. Попова, З.А. Лабораторный практикум по грунтоведению и геологии [Текст] / З.А. Попова. – М., 1963.
42. Рациональное использование природных ресурсов и охрана природы [Текст] / ред. проф. В.М. Константинов. – М.: Academia, 2009.
43. Розен, Б. Повесть о горячем камне [Текст] / Б. Розен. – М.: Недра; 1969.
44. Смирнов, В.И. Геология полезных ископаемых [Текст] / В.И. Смирнов. – М., 1976.
45. Смирнов, В.И. Курс рудных месторождений [Текст] / В.И. Смирнов и др. – М., 1981.
46. Справочник по литологии [Текст] / ред. Н.Б. Вассоевич. – М.: Недра, 1983.
47. Самсонов, Я.П. Самоцветы СССР [Текст] / Я.П. Самсонов, А.П. Туринге. – М.: Недра, 1985.
48. Сонин, М.Л. Люди и клады [Текст] / М.Л. Сонин. – Челябинск: Южно-Урал. книжное изд-во, 1991.
49. Сребропольский, Б.И. Загадки минералогии [Текст] / Б.И. Сребропольский. – М.: Наука, 1987.
50. Толстой, М.П. Геология с основами минералогии [Текст] / М.П. Толстой. – М., 1975.
51. Трусова, И.Ф. Петрография магматических и метаморфических пород [Текст] / И.Ф. Трусова, В.И. Чернов. – М.: Недра, 1982.
52. Тынтеров И.А. Коркинский угольный разрез [Текст] / И.А. Тынтеров, Ю.М. Кузьменко, Г.Г. Ширкин. – Челябинск, 2000.
53. Юдасин, Л. Нефть, песок и фантазия [Текст] / Л. Юдасин. – М., 1970.

54. Якушова, А.Ф. Геология с элементами геоморфологии [Текст] / А.Ф. Якушова. – М.: МГУ, 1983.

Учебное издание

Васильева Наталья Николаевна

МИНЕРАЛОГИЯ И ПЕТРОГРАФИЯ
Учебно-практическое пособие

ISBN978-5-906908-29-2

Работа рекомендована РИСом университета
Протокол № 1 (пункт 7) от 10.09.2015

Издательство ЮУрГГПУ
454080, г. Челябинск, пр. Ленина, 69

Редактор О.В. Угрюмова
Эксперт В.В. Мусатов
Технический редактор А.Г. Петрова

Подписано в печать 12.12.2016
Формат 70x100/16
Тираж 100 экз.

Объем 8,6 уч.-изд. л. (10 п. л.)
Бумага типографская
Заказ №

Отпечатано с готового оригинал-макета в типографии ЮУрГГПУ
454080, г. Челябинск, пр. Ленина, 69