

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
И ПРОДОВОЛЬСТВИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

ГЛАВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ, НАУКИ И КАДРОВ

Учреждение образования
«БЕЛОРУССКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ»

А. А. Боровиков, Н. В. Васильева

ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОЛОГИЯ И ГИДРОГЕОЛОГИЯ

ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ

*Рекомендовано учебно-методическим объединением
по образованию в области сельского хозяйства в качестве
учебно-методического пособия для студентов учреждений,
обеспечивающих получение высшего образования I ступени
по специальности 1-74 05 01 Мелиорация и водное хозяйство*

Горки
БГСХА
2020

УДК 556.5(076)

ББК 26.31

Б82

*Одобрено методической комиссией
мелиоративно-строительного факультета 13.03.2020 (протокол № 7)
и Научно-методическим советом БГСХА 25.03.2020 (протокол № 7)*

Авторы:

старший преподаватель *А. А. Боровиков*;
кандидат технических наук, доцент *Н. В. Васильева*

Рецензенты:

кандидат технических наук, доцент *А. С. Анженков*;
кандидат технических наук, доцент *О. П. Мешик*

Боровиков, А. А.

Б82 Инженерная геология и гидрогеология. Лабораторный практикум : учебно-методическое пособие / А. А. Боровиков, Н. В. Васильева. – Горки : БГСХА, 2020. – 102 с. : ил.
ISBN 978-985-7231-96-6.

Приведены рекомендации по диагностике минералов и горных пород, определению водно-физических свойств грунтов.

Для студентов учреждений, обеспечивающих получение высшего образования I ступени по специальности 1-74 05 01 Мелиорация и водное хозяйство.

УДК 556.5(076)

ББК 26.31

ISBN 978-985-7231-96-6

© УО «Белорусская государственная
сельскохозяйственная академия», 2020

ВВЕДЕНИЕ

Непосредственным объектом изучения геологии является земная кора, состоящая из минералов и горных пород. Минералы представляют собой природные химические соединения, обладающие определенными физическими и химическими свойствами. Минералы в земной коре, за редким исключением, не встречаются отдельно. Они обычно собраны в группы или агрегаты. Горные породы – это минеральные агрегаты, занимающие большие объемы в земной коре.

Основные трудности, возникающие при проектировании оснований и грунтовых сооружений (дамб, плотин), определяются сложностью и многообразием геологических, физико-химических и инженерно-строительных факторов, от которых зависит поведение грунтов под нагрузкой, а также тем обстоятельством, что грунты (горные породы) могут изменять свои физико-механические свойства в процессе строительства и эксплуатации сооружений под влиянием природной среды.

Термин «грунт» является чисто строительным и означает горную породу как объект тех или иных инженерных мероприятий. Грунты подразделяются на две группы: *скальные* – прочные массивно-кристаллические или сцементированные горные породы, практически несжимаемые или малосжимаемые в основании сооружений; *землистые* – несцементированные скопления отдельных частиц, являющихся продуктом выветривания различных горных пород. Для успешной профессиональной деятельности студентам необходимо иметь правильное представление о физико-механических свойствах грунтов в их естественном залегании с учетом особенностей диагенеза.

Будущая инженерная деятельность связана с устройством и эксплуатацией различных инженерных сооружений (каналов, дренажей, водохранилищ, зданий и т. д.), поэтому для успешной профессиональной деятельности необходимы знания о взаимодействии природной среды (горных пород) с инженерными сооружениями.

В учебно-методическом пособии излагаются краткие сведения о главнейших минералах и горных породах, составляющих земную кору, а также об основных гидрогеологических свойствах горных пород (грунтов). В результате выполнения лабораторных работ будущие специалисты приобретут необходимые теоретические и практические знания, которые позволят правильно оценивать природные условия объекта строительства.

Лабораторная работа 1. ОПРЕДЕЛЕНИЕ И ИЗУЧЕНИЕ ГЛАВНЕЙШИХ ПОРОДООБРАЗУЮЩИХ МИНЕРАЛОВ

Цель работы: 1. Произвести определение и описание образцов породообразующих минералов по внешним признакам. 2. Изучить главные породообразующие минералы.

Материалы: раздаточный материал коллекции минералов, шкала Мооса, флаконы с 5–10%-ной соляной кислотой, фарфоровые пластинки, стекло, лупы, компас, рабочая тетрадь.

1. Краткие сведения о минералах

Минералом называют естественные химические соединения или самородные элементы, образованные в недрах земной коры или на поверхности в результате разнообразных физико-химических процессов.

Большинство минералов твердые (кварц, лед), встречаются также жидкие (ртуть, вода) и газообразные (углекислота). Всего минералов более 2000, а их названий почти втрое больше, так как некоторые минералы имеют несколько названий в зависимости от различия признаков, которые позволяют говорить о разновидностях. И лишь около 50 минералов являются широко распространенными и из них состоит основная масса горных пород, поэтому их называют *породообразующими*.

Большинство твердых минералов *кристаллические*. Для них характерно наличие кристаллической решетки (ионы и атомы расположены упорядоченно) и анизотропность (неодинаковые физические свойства в различных направлениях). Меньшая группа минералов *аморфная*, характеризующаяся отсутствием закономерного расположения атомов. Для данных минералов характерна изотропность – одинаковость физических свойств по всем направлениям.

По происхождению (генезису) минералы подразделяют на две группы: эндогенные и экзогенные.

Эндогенные минералы образуются в недрах земной коры в результате действия высоких температур, давлений и химически активных веществ. Различают следующие пути образования:

а) *магматический* – минералы образуются из магматического расплава при его застывании и кристаллизации на больших глубинах в земной коре;

б) *пневматолитовый* – минералы образуются при взаимодействии паров и газов между собой или с ранее возникшими минералами;

в) *гидротермальный* – минералы образуются при участии горячих водных растворов либо в результате воздействия последних на минералы боковых пород;

г) *вулканический* – минералы образуются при извержении вулканов и застывании магмы, излившейся на поверхность в виде лавы;

д) *метаморфический* – минералы образуются в результате глубокого преобразования ранее существовавших в результате воздействия на них высоких температур, давлений и химически активных веществ.

Экзогенные (осадочные) минералы образуются из ранее существовавших на поверхности или вблизи нее в условиях, близких к атмосферным. Различают следующие пути образования:

а) осаждение солей и других соединений в водных бассейнах;

б) разложение минералов на суше (выветривание);

в) биогенные процессы, связанные с жизнедеятельностью микроорганизмов и разложением органических веществ.

Минералы по химическому составу классифицируют:

а) на силикаты и алюмосиликаты;

б) соли кислородных кислот (карбонаты, сульфаты, фосфаты);

в) окислы и гидроокислы;

г) галоиды;

д) сульфиды;

е) самородные элементы.

Особенно широко распространены в земной коре минералы класса силикатов (85 % земной коры до глубины 16 км).

2. Описание минералов

Описание минерала производится перед определением его названия в табл. 1.1, соответствующей по форме таблице определителя. При этом графы 1–8 заполняются при работе с образцами, а графы 9, 10 – после диагностики минерала.

Таблица 1.1. Характеристика породообразующих минералов

| № п/п | Твердость | Блеск | Цвет | Цвет черты | Спайность | Излом | Диагностические признаки | Название минерала, химический состав | Применение |
|-------|-----------|-------|------|------------|-----------|-------|--------------------------|--------------------------------------|------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |

Правильное описание образца, которое является необходимым условием для его дальнейшей диагностики макроскопическим методом, возможно при овладении методикой определения физических свойств и форм нахождения минералов в природе. При этом необходимо помнить, что некоторые физические свойства могут быть одинаковыми у различных минералов и, наоборот, одно какое-либо свойство (например, цвет или плотность) может изменяться у одного и того же минерала.

Важнейшими физическими свойствами минералов, которые необходимо установить в целях их диагностики, являются цвет, цвет черты, блеск, твердость, спайность, излом и другие свойства, присущие отдельным минералам. Во избежание ошибок физические свойства минералов следует определять на свежих поверхностях излома.

Цвет минерала. Минералы могут быть самыми различными по окраске – от бесцветных до черных. Окраска минерала обуславливается химическим составом самого минерала, особенностями его структуры, наличием механических примесей. В связи с этим разные минералы могут иметь одинаковый цвет и один и тот же минерал может иметь разнообразную окраску. Например, кварц обычно бесцветен, но может быть окрашен в такие цвета, как фиолетовый, черный, дымчатый, зеленый и др. Цвет является постоянным признаком лишь для немногих минералов, для большинства же этот признак непостоянен.

Для определения цвета минерала необходимо иметь свежую поверхность излома. Цвет минерала устанавливается на глаз, путем сравнения с хорошо знакомыми предметами.

Цвет черты. Под цветом черты понимается цвет тонкого порошка минерала. Цвет черты в ряде случаев совпадает с цветом минерала в куске. Однако многие минералы имеют в куске один цвет, а в раздробленном или порошокватом состоянии – другой. Например, пирит в куске золотистый, а в порошке зелено-черный. Цвет черты является более постоянным диагностическим признаком, чем окраска, а следовательно, и более надежным. Для определения цвета черты проводят испытываемым минералом по шероховатой фарфоровой пластинке. Минералы, твердость которых выше твердости фарфора (6–6,5), не дают черты, а оставляют на фарфоре царапину.

Блеск. Блеск минерала обуславливается способностью его поверхности отражать падающий свет. Блеск зависит от многих причин: показателя преломления, характера отражающей поверхности, трещиноватости, включений посторонних тел и т. д.

По блеску минералы подразделяют на две группы.

Минералы с металлическим и металлоидным блеском. Минералы с металлическим блеском практически дают черную черту, не прозрачны даже в тонких пластинках, имеют большую плотность (обычно больше 4). Металлический блеск напоминает блеск поверхности свежеработанного металла (пирит, галенит, магнетит). Таким блеском также обладают самородные (золото, платина, серебро), многие сульфиды и окислы железа, дающие цветную черту.

Металлоидный (полуметаллический) блеск напоминает блеск потускневшей поверхности металла (графит).

Минералы с неметаллическим блеском. В группе минералов с неметаллическим блеском выделяют следующие виды блеска:

алмазный – чрезвычайно яркий, искрящийся (алмаз);

стеклянный – напоминает блеск поверхности стекла (кальцит, кварц на гранях кристаллов), очень распространен среди прозрачных минералов;

перламутровый – напоминает радужные переливы перламутровой поверхности раковины, характерен для минералов с весьма совершенной и совершенной спайностью (слюда, тальк);

жирный – поверхность минерала кажется как бы смазанной тонкой пленкой жира (нефелин, кварц на изломе);

шелковистый – напоминает блеск шелковых нитей, характерен для минералов с волокнистым строением (асбест, селенит);

матовый – блеск у минералов практически отсутствует. Обычно минералы имеют пористую или землистую неровную поверхность (каолин).

Для минералов данной группы характерно то, что они дают светло-окрашенную черту или черты не дают совсем, а также, как правило, имеют небольшую плотность (обычно меньше 4).

При определении блеска необходимо помнить:

– блеск следует наблюдать на свежей поверхности излома;

– при определении блеска цвет минерала не принимается во внимание.

Твердость. Под **твердостью** понимают степень сопротивления вещества минерала царапающему действию какого-либо острия или другого минерала. Твердость минерала – один из важнейших диагностических признаков. Это свойство зависит от структуры пространственной решетки и характера сил сцепления материальных частиц, слагающих решетку. Твердость минерала в абсолютных единицах

определяется очень редко, так как это требует специального оборудования. В практике обычно твердость определяют в относительных единицах по десятибалльной шкале Мооса (табл. 1.2).

В эту шкалу включено десять минералов с постоянной, известной твердостью (эталон), причем каждый последующий своим острым концом царапает все предыдущие. Порядковый номер минерала в этой шкале определяет его относительную твердость. В полевых условиях для ориентировочного определения твердости минералов часто используют упрощенную шкалу, составленную из подручных предметов (табл. 1.2).

Для определения твердости минерала необходимо по его свежей (невыветренной) поверхности провести, слегка надавливая, острием минерала – эталона из шкалы Мооса, начиная от более мягких. При этом необходимо наблюдать, какой из минералов дает черту (пишет) и какой оставляет царапину. Твердость испытуемого минерала будет выше последнего минерала, давшего черту, и ниже первого, оставившего царапину. Например, кальцит и все предыдущие минералы оставляют черту на поверхности испытуемого минерала, а флюорит и все последующие его царапают. Твердость испытуемого минерала определится как 3,5. При определении твердости зернистого агрегата удобнее царапать его зернами по эталону шкалы. Твердость большинства минералов колеблется в пределах от 2 до 6–7. Минералы с большей твердостью встречаются редко.

Т а б л и ц а 1.2. Шкала твердости минералов

| Твердость по шкале Мооса | Минералы-эталон | Предметы | Твердость по шкале Мооса |
|--------------------------|-----------------|----------------------------|--------------------------|
| 1 | Тальк | Графит мягкого карандаша | 1 |
| 2 | Гипс | Ноготь | 2–2,5 |
| 3 | Кальцит | Бронзовая монета | 3,5–4,0 |
| 4 | Флюорит | Стекло оконное | 5,0 |
| 5 | Апатит | | |
| 6 | Ортоклаз | Стальной нож, игла швейная | 6,0 |
| 7 | Кварц | Напильник | 7,0 |
| 8 | Топаз | | |
| 9 | Корунд | | |
| 10 | Алмаз | | |

Спайность. *Спайностью* называется способность кристаллов и кристаллических зерен раскалываться или расщепляться по опреде-

ленным гладким параллельным плоскостям, называемым *плоскостями спайности*. Спайность является важнейшим диагностическим признаком и характерна только для кристаллических минералов. Это свойство кристаллических минералов связано с их внутренним строением, так как проявляется в направлениях, параллельных наиболее удаленным друг от друга плоским сеткам кристаллической решетки (рис. 1.1).

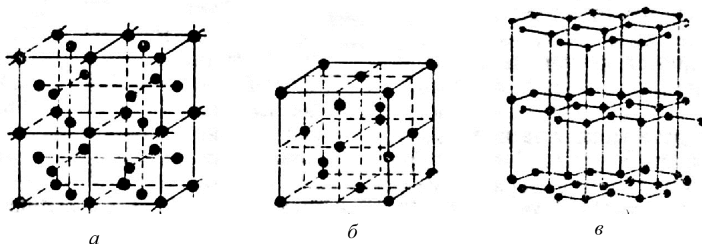


Рис. 1.1. Кристаллические решетки некоторых минералов: *а* – медь – спайность отсутствует; *б* – алмаз – спайность, совершенная в четырех направлениях; *в* – графит – спайность весьма совершенная

Для одного и того же минерала всегда наблюдается одна форма спайности независимо от внешней формы кристаллов или кристаллических зерен. Различают следующие виды спайности:

спайность весьма совершенная (рис. 1.2, *а*) – минералы легко расщепляются по плоскостям спайности на тонкие листочки или пластинки (слюда);

спайность совершенная (рис. 1.2, *б*) – под действием слабых ударов минерал раскалывается на гладкие параллельные пластинки, кубики и т. д. (кальцит, галит);

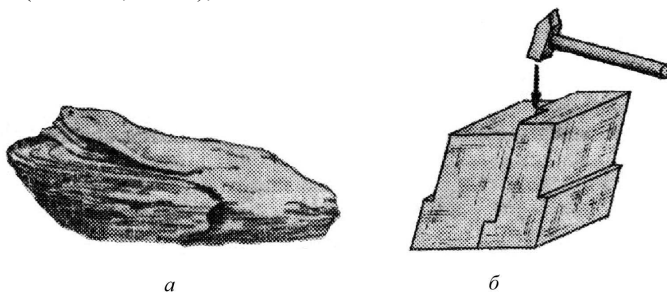


Рис. 1.2. Виды спайности минералов: *а* – весьма совершенная (слюда); *б* – совершенная (кальцит)

спайность несовершенная – при расколе образуются обломки с неровными поверхностями, плоскости спайности редки, обнаруживаются с трудом (апатит, оливин);

спайность весьма несовершенная – практически отсутствует (кварц). При ударе образуются обломки случайной формы.

Надо уметь отличать плоскости спайности от граней кристалла: плоскости спайности имеют более сильный блеск и свежий вид, кроме того, поверхности спайности образуют ряд параллельных друг другу плоскостей. У кристаллических агрегатов спайность определяется для одного зерна, а не в целом для всего образца.

Излом. Под **изломом** понимают поверхность раскола, прошедшую в минерале не по спайности. Различают следующие виды излома:

зернистый – характерен для минералов, имеющих зернистое строение (гипс зернистый, апатит);

землистый – поверхность излома шероховатая, как бы покрыта пылинками (каолин, лимонит);

раковистый (рис. 1.3, *a*) – напоминает вогнутую или концентрически волнистую поверхность раковины, присущ чаще всего минералам, лишенным спайности (кварц, опал);

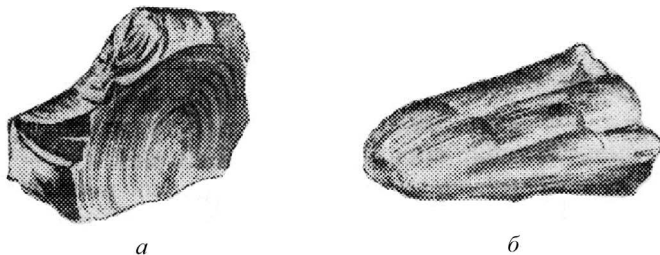


Рис. 1.3. Виды излома минералов: *a* – раковистый (кварц); *б* – занозистый (роговая обманка)

занозистый (рис. 1.3, *б*) – присущ минералам волокнистого, игольчатого строения, поверхность излома покрыта занозами, ориентированными в одном направлении (роговая обманка, селенит);

неровный – отличается наличием неровных, неопределенно выраженных поверхностей (нефелин).

Плотность. Плотность минералов колеблется от 0,9 до 23 г/см³. Плотность наиболее распространенных в земной коре минералов – 2,5–3,5 г/см³. При макроскопическом изучении минералов плотность определяется приблизительно, путем взвешивания минералов на ладо-

ни. По плотности минералы подразделяются на три группы: *легкие* – до 2,5 (гипс, сера, галит); *средние* – 2,5–4,0 (кальцит, кварц, полевые шпаты); *тяжелые* – более 4,0 (барит, рудные минералы).

Ряду минералов присущи особые (специфические) свойства.

Реакция с соляной кислотой. Это свойство характерно для многих минералов класса карбонатов. На минерал капают слабым водным (5–10%-ным) раствором соляной кислоты. Наличие карбонатов обнаруживается по вскипанию, т. е. появлению пузырьков углекислого газа.

Магнитность – это свойство присуще некоторым железосодержащим минералам (магнетит, пирротин). Проявляется в том, что минерал, обладающий магнитными свойствами, отталкивает или притягивает магнитную стрелку.

Вкус – на вкус определяются только некоторые растворимые в воде минералы. Например, по вкусу можно отличить галит от сильвина. Последний – горько-соленый и слегка щиплет язык.

Двойное лучепреломление – это свойство особенно хорошо выражено у прозрачной разновидности кальцита – исландского шпата. Если через него рассматривать шрифт книги, то возникает двойное его изображение.

Шероховатость и жирность – различают на ощупь жирные минералы (тальк, каолин) и сухие (тощие), при ощупывании или растирании которых создается ощущение сухости, шероховатости (боксит). Порошок их легко сдувается с рук.

3. Формы нахождения минералов в природе

Минералы в природе редко встречаются в виде отдельных кристаллов (рис. 1.4, *а, б, в*) или их сростков (рис. 1.4, *г*). Чаще они образуют естественные скопления зерен или кристаллов, которые называются **агрегатами**.

Форма минеральных агрегатов зависит главным образом от условий их образования. Наиболее типичными агрегатами являются следующие:

зернисто-кристаллические – слагаются кристаллическими зернами различных минералов, иногда в комбинации с хорошо образованными кристаллами. Среди них по форме зерен различают: а) зернистые – имеющие изометрическую форму зерен (пирит, каменная соль, магнетит) (см. рис. 1.4, *а*); б) столбчатые, шестоватые, волокнистые –

имеющие вытянутую форму (роговая обманка, селенит, антимонит, асбест) (см. рис. 1.4, б); в) чешуйчатые, листоватые, пластинчатые – имеющие плоскую форму (графит, тальк, слюда) (см. рис. 1.4, в);

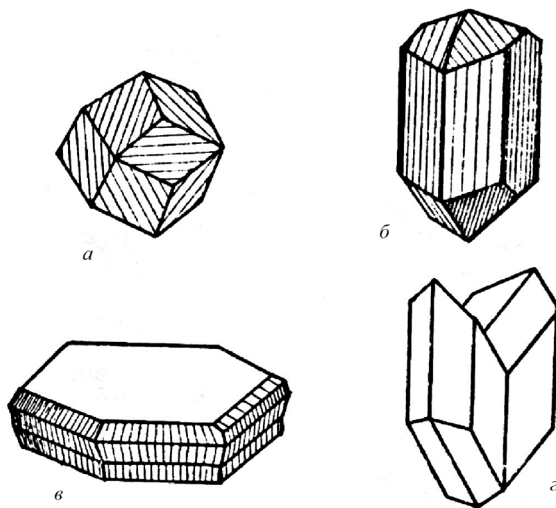


Рис. 1.4. Формы кристаллов минералов: а – изометрическая (магнетит); б – вытянутая в одном направлении (антимонит); в – вытянутая в двух направлениях (хлорит); z – двойник кристаллов гипса

землистые – напоминают по внешнему виду рыхлую почву (каолинит), обычно пачкают руки, легко растираются. Характерны для скрытокристаллических и аморфных минералов;

плотные (скрытокристаллические) – состоят из очень мелких кристаллов, видимых только под микроскопом (халцедон);

друзы – представляют собой незакономерные сростки кристаллов, прикрепленных одним концом к общему основанию (горный хрусталь, кварц) (рис. 1.5, а, б);

щетки – тесно сросшиеся гранями кристаллы, вытянутые в одном направлении;

дендриты (рис. 1.5, в) – образуются при быстрой кристаллизации минерального вещества в тонких трещинах и порах породы. Мельчайшие кристаллы нарастают друг на друга, образуя при этом формы, внешне напоминающие веточки дерева, ледяные узоры на окнах и т. д. Дендриты характерны для окислов марганца, серебра, меди;

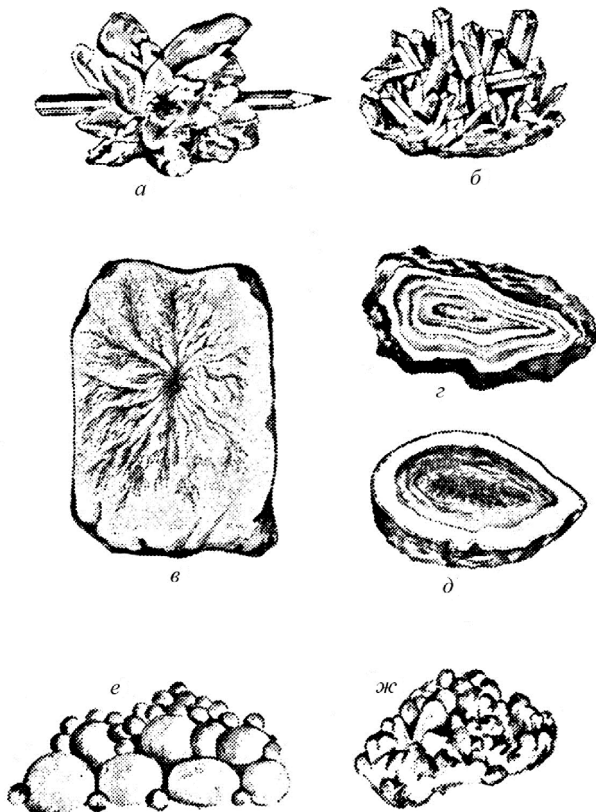


Рис. 1.5. Формы нахождения минералов в природе: *а, б* – друзы кристаллов гипса и кварца; *в* – дендрит марганцевых соединений на известняке; *г* – секрция; *д* – жеода; *е* – шаровидные конкреции; *ж* – почковидные натечные формы

оолиты – округлые образования (до 10 мм в поперечнике) концентрически-скорлуповатого строения. Образуются при накоплении минерального вещества вокруг песчинок или органических обломков (лимонит, боксит);

секрции – полости в горной породе округлой или неправильной формы, частично или полностью заполненные минеральным веществом (рис. 1.5, *г, д*). Рост секрции происходит от периферии к цен-

тру. Крупные секрции с оставшейся в середине пустотой называются *жеодами* (см. рис. 1.5, *д*). Секрции до 10 мм в диаметре называются *миндалинами*;

конкреции – шаровидные или овальные образования обычно радиально-лучистого строения (см. рис. 1.5, *е*). Образуются путем отложения минерального вещества вокруг какого-либо центра кристаллизации. Рост минерального вещества происходит от центра к периферии. Размер самый различный – от нескольких миллиметров до нескольких метров в диаметре. В виде конкреций встречаются фосфорит, марказит;

натечные формы минеральных веществ (сталактиты, сталагмиты, почковидные формы, см. рис. 1.5, *ж*) образуются в пустотах горных пород за счет непрерывно поступающих длительное время коллоидальных растворов. В натечных формах встречаются минералы лимонит, халцедон, кальцит, малахит и др.

Кроме указанных выше форм минералы образуют на поверхности горных пород тонкие пленки, называемые **выцветами** и **колетами**.

4. Определение названия минералов

Определение минералов осуществляется на основе изучения и описания их физических свойств и форм нахождения в природе. Прежде всего обращается внимание на твердость как величину постоянную для большинства минералов, не зависящую от размеров образца или крупности его зерен в породе. По твердости все минералы разбиты на семь групп (см. подразд. 4.1). В случае если минерал имеет непостоянную твердость, при определении нужно брать максимальную для данного минерала. В каждой группе минералы объединяются по блеску в небольшие подгруппы, где каждый имеет определенный номер, против которого указаны наиболее характерные признаки, отличающие данный минерал от других. Например, твердость минерала определена равной трем. Следовательно, минерал относится ко второй группе по твердости, т. е. к группе с твердостью 2–3.

Затем определяется блеск минерала. Для этого необходимо найти свежую поверхность раскола. Допустим, блеск минерала стеклянный. Обращаемся к подгруппе 1 группы II (минералы со стеклянным и перламутровым блеском). В этой подгруппе имеется пять номеров (27, 26, 25, 11, 13), каждому из которых присуще то или иное определенное свойство. Находим, что определяемый минерал вскипает под действи-

ем слабой соляной кислоты. Минерал с подобными свойствами имеет номер 13. Далее переходим к подразделу 4.2, в котором минералы распределены по минералогическим классам, и под этим номером находим, что это кальцит. Определив все остальные свойства минерала по схеме, указанной выше, убеждаемся в правильности определения.

4.1. Ключ к определению минералов

I. Минералы с твердостью до 2 включительно.

1. С металловидным блеском:

пачкает руки, не гибок – № 1.

2. Со стеклянным или шелковистым блеском:

спайность весьма совершенная, пластинки спайности хрупкие.

Возможен волокнистый и мелкокристаллический – № 15.

3. С жирным блеском:

а) мыльный на ощупь – № 23;

б) желтый, хрупкий, излом раковистый – № 2.

4. Матовый:

белый, землистый, при намочении в воде пластичен – № 24.

II. Минералы с твердостью от 2 до 3 включительно.

1. Со стеклянным или перламутровым блеском:

а) зеленый, слюдоподобный, листочки по спайности гибкие, не упругие – № 27;

б) черный, расщепляется на тонкие упругие листочки – № 26;

в) светлый, расщепляется на тонкие упругие листочки – № 25;

г) соленый на вкус – № 11;

д) вскипает от соляной кислоты – № 13.

III. Минералы с твердостью от 3 до 4 включительно.

1. С металлическим блеском:

золотистый, черта зеленовато-черная – № 4.

2. Со стеклянным или перламутровым блеском:

а) фиолетовый, зеленый, голубой, прозрачный, кубики-кристаллы – № 12;

б) белый, голубой, совершенная спайность, мраморовидный, не вскипает с кислотой – № 16;

в) вскипает от соляной кислоты в порошке – № 14.

IV. Минералы с твердостью от 4 до 5 включительно.

1. С жирным или стеклянным блеском:

желтый и зеленоватый, прозрачный – № 17.

2. *С матовым или слабожирным блеском:*
бурый, непрозрачный, при трении кусков ощущается запах жженой кости – № 18.

V. Минералы с твердостью от 5 до 6 включительно.

1. *С металлическим или матовым блеском:*

- а) черта черная, магнитен – № 8;
- б) черта желто-бурая – № 10;
- в) черта вишневая – № 7.

2. *С жирным или шелковистым блеском:*

- а) блеск тусклый, просвечивает – № 9;
- б) блеск жирный – № 33;
- в) черта зеленоватая или бурая, излом занозистый – № 22.

3. *Со стеклянным блеском:*

- а) темно-зеленый, черный, черта серо-зеленая – № 21;
- б) серый, переливается в сине-голубых и зеленых тонах – № 32;
- в) зеленовато-серый, желтовато-зеленый, черта светлая – № 29;
- г) желтоватый, розовый, мясо-красный, прямоугольные обломки по спайности – № 28;
- д) белый, косоугольные обломки по спайности – № 30;
- е) серый, темно-серый, косые углы по спайности – № 31.

VI. Минералы с твердостью от 6 до 7 включительно.

1. *С металлическим блеском:*

кубические золотистые кристаллы, черта черная – № 3.

2. *С жирным или стеклянным блеском:*

- а) спайность отсутствует, блеск жирный на изломе, стеклянный на гранях, излом раковистый – № 5;
- б) бутылочно-зеленый, мелкие зерна в породе – № 19.

VII. Минералы с твердостью свыше 7.

1. *Со стеклянным блеском:*

- а) твердость 9, кристаллы бочонковидные – № 6;
- б) твердость 8, совершенная спайность – № 20.

4.2. Характеристика минералов

1. **Графит (С).** *Твердость* – 1; *блеск* – металловидный; *цвет* – от стально-серого до черного; *цвет черты* – серовато-черный, блестящий; *спайность* – весьма совершенная в одном направлении; *излом* – мелкозернистый. В природе встречается в виде листообразных и чешуйчатых плотных масс в кристаллических сланцах и гнейсах.

Плотность – 2,2 г/см³. **Диагностические признаки** – жирный на ощупь, пачкает руки, пишет на бумаге. **Класс** – самородные. **Происхождение** – магматическое, пневматолитовое, метаморфическое. **Применяется** при производстве карандашей, плавильных тиглей, электроприборов и др.

2. **Сера (S)**. **Твердость** – 1,5; **блеск** – жирный, просвечивает; **цвет** – желтый; **цвет черты** – слабый светло-желтый; **спайность** – несовершенная; **излом** – раковистый, замлистый. В природе встречается в землистых натечных массах и кристаллах. **Плотность** – 2,0 г/см³. **Диагностические признаки** – мягкий, желтый и зеленовато-бурый цвет. При трении электризуется, горючий. **Класс** – самородные. **Происхождение** – при распаде сернокислых соединений в присутствии органических веществ; при возгонке в кратерах вулканов. **Применяется** в резиновой, химической промышленности, в медицине, электротехнике, для белиenia тканей.

3. **Пирит (FeS₂)**, серный колчедан, железный колчедан. **Твердость** – 6–6,5; **блеск** – сильный металлический; **цвет** – соломенно-желтый, золотистый; **цвет черты** – зеленовато-черный или черный; **спайность** – весьма несовершенная; **излом** – неровный, раковистый. В природе встречается в виде плотных или зернистых масс и хорошо образованных кристаллов кубической формы. **Плотность** – 4,9–5,2 г/см³. **Диагностические признаки** – от халькопирита отличается соломенно-желтым цветом, высокой твердостью и формой кристаллов со штриховкой на гранях. **Класс** – сульфиды. **Происхождение** – гидротермальное, отчасти магматическое, метаморфическое, осадочное. **Применяется** при производстве серной кислоты.

4. **Халькопирит (CuFeS₂)**, медный колчедан. **Твердость** – 3,5–4; **блеск** – сильный металлический, иногда с радужной побежалостью; **цвет** – латунно-желтый, зеленовато-золотистый; **цвет черты** – зеленовато-черный; **спайность** – несовершенная; **излом** – неровный. В природе встречается в виде плотных масс в гидротермальных жилах и вкрапления в магматических породах. **Плотность** – 4,1–4,3 г/см³. **Диагностические признаки** – характерна синяя или розовато-фиолетовая побежалость. От пирита отличается по твердости и цвету. **Класс** – сульфиды. **Происхождение** – преимущественно гидротермальное, реже магматическое, метаморфическое. **Применяется** как сырье для производства меди.

5. **Кварц (SiO₂)**, прозрачный – горный хрусталь, фиолетовый – аметист, черный – морион. **Твердость** – 7; **блеск** – стеклянный на гра-

нях кристалла, жирный – на изломе; **цвет** – белый (молочный), дымчатый, розовый, бесцветный, черный; **цвет черты** – не дает; **спайность** – весьма несовершенная; **излом** – раковистый. В природе встречается в виде: зернистых агрегатов и сплошных масс (жильный кварц), кристаллических зерен в горных породах, натечных образований или желваков. **Плотность** – 2,6 г/см³. **Диагностические признаки** – отличается характерной формой и твердостью в плотных агрегатах, отсутствием спайности, раковистым изломом. **Класс** – окислы. **Происхождение** – магматическое, пегматитовое, гидротермальное, осадочное, метаморфическое. **Применяется** в оптике, радиотехнике, ювелирном деле, для строительных работ и производства стекла.

6. **Корунд** (Al₂O₃), красная разновидность – рубин, мелкозернистая темная разновидность – наждак. **Твердость** – 9; **блеск** – стеклянный; **цвет** – голубоватый, синий, бурый, серый; **цвет черты** – не дает; **спайность** – несовершенная; **излом** – неровный. В природе встречается в виде сплошных мелкозернистых масс в россыпях, пластинчатых и боченкообразных кристаллов. **Плотность** – 3,9–4,0 г/см³. **Диагностические признаки** – высокая твердость. **Класс** – окислы. **Происхождение** – контактово-метаморфическое, реже магматическое. **Применяется**: наждак – как абразивный материал. Прозрачные разновидности – рубин и сапфир – драгоценные камни.

7. **Гематит** (Fe₂O₃), красный железняк. **Твердость** – 5,5; **блеск** – металлический у кристаллических разновидностей, металловидный с синеватым отливом, матовый у землистых разновидностей; **цвет** – от красно-бурого до железно-черного; **цвет черты** – вишнево-бурый; **спайность** – весьма несовершенная; **излом** – раковистый или землистый. В природе встречается в виде плотных сланцеватых, оолитовых или землистых масс и пластов. **Плотность** – 4,9–5,3 г/см³. **Диагностические признаки** – вишнево-красная и бурая черта. **Класс** – окислы. **Происхождение** – метаморфическое, гидротермальное, реже вулканическое (продукт возгонки). **Применяется** как высококачественная железная руда.

8. **Магнетит** (Fe₂O₃ · FeO, или Fe₃O₄), магнитный железняк. **Твердость** – 5,5–6,0; **блеск** – металлический (у кристаллов), матовый; **цвет** – железно-черный; **цвет черты** – черный; **спайность** – весьма несовершенная; **излом** – в кристаллах раковистый, в сплошных массах зернистый. В природе встречается в виде плотных или зернистых масс, вкраплений в магматических горных породах. **Плотность** – 4,9–5,2 г/см³. **Диагностические признаки** – характерен магнитными

свойствами (действует на стрелку компаса). **Класс** – окислы. **Происхождение** – магматическое, метаморфическое, реже гидротермальное. **Применяется** как высококачественная железная руда.

9. **Опал ($\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$)**. **Твердость** – 5,5–6,0; **блеск** – жирный, тусклый, иногда слабостеклянный; **цвет** – белый, желтый, серый, синий, бурый, просвечивает, полупрозрачный, бесцветный; **цвет черты** – белый или не дает; **спайность** – весьма несовершенная; **излом** – раковистый. В природе встречается в виде плотных натечных образований в трещинах и пустотах. **Плотность** – 2,2–2,3 г/см³. **Диагностические признаки** – аморфный, кристаллов не образует, излом раковистый. **Класс** – водные окислы. **Происхождение** – осадочное (продукт химического выветривания силикатов и осаждения в водоемах), гидротермальное. **Применяется** благородный опал – поделочный камень.

10. **Лимонит ($\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$)**. **Твердость** – 1–5,5; **блеск** – матовый, металловидный; **цвет** – ржаво-желтый, бурый, темно-бурый; **цвет черты** – желтовато-бурый; **спайность** – весьма несовершенная; **излом** – землистый. В природе встречается в виде плотных скорлуповато-зернистых, ноздреватых, землистых масс или натечных форм. **Плотность** – 3,6–4,0 г/см³. **Диагностические признаки** – ржаво-желтая черта. **Класс** – водные окислы. **Происхождение** – осадочное (продукт выветривания железосодержащих минералов; морские, озерные и речные осадки). **Применяется** как железная руда.

11. **Галит (NaCl)**, каменная соль, поваренная соль. **Твердость** – 2,5; **блеск** – стеклянный, жирный; **цвет** – белый, бесцветный, синеватый, розовый, серый; **цвет черты** – белый; **спайность** – совершенная по трем направлениям; **излом** – нет. В природе встречается в виде пластов и штоков, в виде зернистых, реже плотных масс. **Плотность** – 2,1–2,2 г/см³. **Диагностические признаки** – соленый на вкус, совершенная спайность по трем направлениям. **Класс** – галоиды. **Происхождение** – осадочное (химический осадок морских лагун и заливов). **Применяется** в пищевой, химической, металлургической и кожевенной промышленности.

12. **Флюорит (CaF_2)**, флюоритовый шпат. **Твердость** – 4; **блеск** – стеклянный; **цвет** – фиолетовый, желтый, зеленый, розовый, реже прозрачный, бесцветный; **цвет черты** – белый; **спайность** – совершенная в четырех направлениях; **излом** – нет. В природе встречается в виде отдельных кристаллов среди осадочных пород, зернистые скопления в рудных жилах, друзы. **Плотность** – 3,0–3,2 г/см³. **Диагностические признаки** – отличается по слабому стеклянному блеску,

спайности и твердости. *Класс* – галоиды. *Происхождение* – гидротермальное, пневматолитовое, пегматитовое. *Применяется* в металлургической и химической промышленности, оптике (бесцветный).

13. **Кальцит** (CaCO_3), прозрачная разновидность – исландский шпат. *Твердость* – 3; *блеск* – стеклянный, перламутровый; *цвет* – белый, серый, желтый, голубой, бесцветный, прозрачный или просвечивающий; *цвет черты* – белый; *спайность* – совершенная по трем направлениям; *излом* – нет. В природе встречается в виде плотных и зернистых масс, натечных образований, а также кристаллов различного вида. *Плотность* – 2,7 г/см³. *Диагностические признаки* – совершенная спайность по ромбоэдру, малая твердость, вскипает от действия разбавленной соляной кислоты. *Класс* – карбонаты. *Происхождение* – осадочное (химическое и органическое), гидротермальное, метаморфическое. *Применяется* для производства извести, а прозрачные разновидности – в оптике для изготовления поляризационных приборов.

14. **Доломит** ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$), горький шпат. *Твердость* – 3,5–4,0; *блеск* – стеклянный, иногда перламутровый; *цвет* – белый, желтый, серый; *цвет черты* – белый; *спайность* – совершенная по трем направлениям; *излом* – нет. В природе встречается в виде плотных мраморовидных масс, пластов, линз, гнезд в осадочных породах. *Плотность* – 2,8–2,9 г/см³. *Диагностические признаки* – вскипает от соляной кислоты в порошке. *Класс* – карбонаты. *Происхождение* – осадочное (продукт подводного преобразования известняков и химический осадок морей), гидротермальное, метаморфическое. *Применяется* как строительный камень, огнеупорный материал, флюс, агроруда.

15. **Гипс** ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), легкий шпат. *Твердость* – 2; *блеск* – стеклянный, перламутровый, шелковистый у волокнистых разновидностей; *цвет* – бесцветный, белый, розовый, желтый, серый; *цвет черты* – белый; *спайность* – весьма совершенная в одном направлении; *излом* – занозистый – у волокнистых разновидностей, ступенчатый – у пластинчатых разновидностей. В природе встречается в виде плотных мелкозернистых масс, отдельных кристаллов, часто в виде двойников, друз. *Плотность* – 2,3 г/см³. *Диагностические признаки* – весьма совершенная спайность в одном направлении, малая твердость (чертится ногтем). *Класс* – сульфаты. *Происхождение* – осадочное (химический осадок морей, продукт гидратации ангидрита, окисление сульфидов и серы). *Применяется* в строительстве, медицине, химической промышленности, как удобрение, поделочный камень.

16. **Ангидрит (CaSO_4)**, безводный шпат. *Твердость* – 3–3,5; *блеск* – стеклянный, иногда перламутровый; *цвет* – бесцветный, серый, белый, голубоватый, желтоватый; *цвет черты* – белый; *спайность* – совершенная по трем взаимно перпендикулярным направлениям; *излом* – зернистый. В природе встречается в виде плотных мелкозернистых (мраморовидных масс) желваков, прожилок в осадочных породах. *Плотность* – 2,8–3,0 г/см³. *Диагностические признаки* – в отличие от гипса не царапается ногтем, в отличие от кальцита не вскипает с кислотой. *Класс* – сульфаты. *Происхождение* – осадочное (химический осадок древних морей). *Применяется* в производстве серной кислоты и специального цемента, как поделочный камень.

17. **Апатит ($\text{Ca}_5 \cdot (\text{F}, \text{Cl}, \text{OH}) \cdot (\text{PO}_4)_3$)**, фтор-апатит и хлор-апатит, гидрокси-апатит. *Твердость* – 5; *блеск* – на гранях стеклянный, на изломе жирный; *цвет* – бесцветный, зеленый, желтоватый, белый, синеватый и буро-зеленый; *цвет черты* – белый; *спайность* – несовершенная; *излом* – неровный, раковистый, зернистый. В природе встречается в виде зернистых (сахаровидных) масс или вкраплений, мелких и крупных кристаллов. *Плотность* – 3,2 г/см³. *Диагностические признаки* – хрупкий, твердость 5, образует обычно зернистые массы. *Класс* – фосфаты. *Происхождение* – магматическое, метаморфическое, пневматолитовое. *Применяется* в производстве минеральных (фосфорных) удобрений.

18. **Фосфорит ($3\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot \text{CaCO}_3 \cdot \text{Ca}(\text{OH}, \text{F})_2$)** (по составу близок к апатиту с различными примесями). *Твердость* – 2–5; *блеск* – матовый, слабожирный; *цвет* – темно-серый, бледно-желтый, серый, бурый; *цвет черты* – слабый серый; *спайность* – весьма несовершенная; *излом* – землистый, неровный, лучистый. В природе встречается в виде желваков и конкреций, мелкозернистых, землистых и натечных масс, пластов в глинах, известняках, песчаниках. *Плотность* – 3,2 г/см³. *Диагностические признаки* – характерны желваки, конкреции радиально-лучистого строения, при трении кусков запах жженой кости. *Класс* – фосфаты. *Происхождение* – осадочное (биогенное и химическое). *Применяется* в производстве минеральных удобрений.

19. **Оливин ($(\text{Mg}, \text{Fe})_2 [\text{SiO}_4]$)**, перидот. *Твердость* – 6,7–7,0; *блеск* – стеклянный, жирноватый; *цвет* – оливково-зеленый, бутылочный, буроватый, прозрачный, просвечивающий; *цвет черты* – не дает; *спайность* – несовершенная; *излом* – неровный. В природе встречается в виде сплошных зернистых масс, зерен в породе. *Плот-*

ность – 3,3–3,4 г/см³. *Диагностические признаки* – желтовато-зеленый цвет, зернистые массы и отдельные зерна со стекляннным блеском. *Класс* – силикаты островные. *Происхождение* – магматическое (минерал ультраосновных и основных магм). *Применяется* в ювелирном деле – прозрачные разности (хризолиты).

20. **Топаз** (Al₂ (F, OH)₂ [SiO₄]). *Твердость* – 8; *блеск* – стекляннный; *цвет* – бесцветный, голубовато-желтоватый, розовый; *цвет черты* – не дает; *спайность* – совершенная в одном направлении; *излом* – неровный. В природе встречается в виде отдельных кристаллов, сплошных зернистых масс, друз и включений в породе. *Плотность* – 3,3–3,8 г/см³. *Диагностические признаки* – от кварца отличается большей твердостью, совершенной спайностью и более сильным блеском. *Класс* – силикаты островные. *Происхождение* – магматическое. *Применяется* как драгоценный камень, абразивный материал, в производстве точных приборов.

21. **Авгит** (Ca(Mg, Fe, Al) [(SiAl)₂O₆]). *Твердость* – 6,0–6,5; *блеск* – стекляннный; *цвет* – зеленый, бурый, черный; *цвет черты* – светлый серо-зеленый; *спайность* – совершенная в двух направлениях; *излом* – неровный. В природе встречается в виде мелких зерен в породах, образует хорошие кристаллы. *Плотность* – 3,3–3,6 г/см³. *Диагностические признаки* – окраска зеленовато-черная и черная, черта светлая, стекляннный блеск. *Класс* – силикаты цепные (пироксены). *Происхождение* – магматическое, метаморфическое. *Применения* нет.

22. **Роговая обманка** ((Ca, Na)₂ (Mg, Fe²⁺, Fe³⁺, Al)₅ [OH]₂ [(Si, Al)₄O₁₁]₂). *Твердость* – 5,5–6,0; *блеск* – стекляннный, на плоскостях спайности – шелковистый; *цвет* – серо-зеленый, темно-зеленый, черный; *цвет черты* – зеленоватый или бурый; *спайность* – совершенная; *излом* – занозистый. В природе встречается в виде сплошных зернистых масс игольчатого строения, вкраплений среди магматических пород. *Плотность* – 3,1–3,5 г/см³. *Диагностические признаки* – волокнисто-лучистое строение агрегатов, черта зеленоватая. *Класс* – силикаты ленточные (амфиболы). *Происхождение* – магматическое, метаморфическое. *Применения* нет.

23. **Тальк** (Mg₃(OH)₂[Si₄O₁₀]). *Твердость* – 1; *блеск* – жирный, на плоскостях спайности – перламутровый; *цвет* – белый, желтоватый, зеленоватый, голубоватый; *цвет черты* – белый; *спайность* – весьма совершенная в одном направлении; *излом* – землистый, неровный. В природе встречается в виде плотных листоватых, чешуйчатых, реже

волокнистых масс, в сланцах в виде пластов и гнезд. **Плотность** – 2,7–2,8 г/см³. **Диагностические признаки** – жирный на ощупь, очень мягок, листочки гибки, но не упруги. **Класс** – силикаты листовые. **Происхождение** – метаморфическое. **Применяется** в резиновой, бумажной промышленности, в медицине, как кислотоупорный и огнеупорный материал.

24. **Каолинит** ($\text{Al}_4(\text{OH})_8 [\text{Si}_4\text{O}_{10}]$). **Твердость** – 1; **блеск** – тусклый, матовый, жирный, в чешуйках перламутровый; **цвет** – белый, слегка желтоватый или сероватый; **цвет черты** – белый; **спайность** – весьма совершенная в одном направлении; **излом** – землистый. В природе встречается в виде плотных или рыхлых землистых масс, в виде пластов, гнезд и залежей. **Плотность** – 2,6 г/см³. **Диагностические признаки** – жирный на ощупь, с водой сильно набухает. **Класс** – силикаты листовые. **Происхождение** – осадочное (образуется при химическом выветривании полевых шпатов, слюд и др). **Применяется** в строительном деле, бумажной и керамической промышленности и как огнеупорный материал.

25. **Мусковит** ($\text{KAl}_2 (\text{OH})_2 [\text{AlSi}_3\text{O}_{10}]$), белая калиевая слюда. **Твердость** – 2–3; **блеск** – стеклянный, перламутровый; **цвет** – бесцветный с желтоватым, зеленоватым или сероватым оттенком, прозрачный; **цвет черты** – белый; **спайность** – весьма совершенная в одном направлении; **излом** – нет. В природе встречается в виде блесков и листочков в кислых магматических, метаморфических и осадочных породах, крупные кристаллы в пегматитовых жилах. **Плотность** – 2,7–3,1 г/см³. **Диагностические признаки** – расщепляется на тонкие упругие листочки и чешуйки, светлая окраска. **Класс** – силикаты листовые (алюмосиликаты). **Происхождение** – магматическое и метаморфическое. **Применяется** в качестве электроизоляционного и тугоплавкого материала вместо стекла.

26. **Биотит** ($\text{K}(\text{Fe}, \text{Mg})_3 (\text{F}, \text{OH})_2 [\text{AlSi}_3\text{O}_{10}]$), черная железомagneзиальная слюда. **Твердость** – 2–3; **блеск** – стеклянный и перламутровый; **цвет** – черный или темно-зеленый, бурый; **цвет черты** – белый или зеленоватый; **спайность** – весьма совершенная в одном направлении; **излом** – нет. В природе встречается в виде листоватых и чешуйчатых агрегатов. **Плотность** – 3–3,1 г/см³. **Диагностические признаки** – расщепляется на тонкие упругие листочки, темная зеленовато-бурая окраска, в толстых пластинах непрозрачен. **Класс** – силикаты листовые (алюмосиликаты). **Происхождение** – магматическое, ме-

таморфическое. *Применяется* для изготовления огнестойких кровельных материалов, автошин, огнеупорных красок.

27. Хлорит ($(\text{Fe}, \text{Mg})_5 \text{Al}(\text{OH})_8 [\text{AlSi}_3\text{O}_{10}]$). *Твердость* – 2,0–2,5; *блеск* – стеклянный, перламутровый; *цвет* – зеленый, темно-зеленый; *цвет черты* – белый, зеленоватый; *спайность* – весьма совершенная в одном направлении; *излом* – нет. В природе встречается в виде кристаллических листовато-чешуйчатых масс, друз. *Плотность* – 2,6–2,8 г/см³. *Диагностические признаки* – расщепляется на гибкие, неупругие листочки, характерны зеленый цвет и низкая твердость. *Класс* – силикаты листовые (алюмосиликаты). *Происхождение* – метаморфическое. *Применяется* как железная руда, в случае высокого содержания железа (шамозит).

28. Ортоклаз ($\text{K}[\text{AlSi}_3\text{O}_8]$). *Твердость* – 6; *блеск* – стеклянный; *цвет* – белый, кремовый, голубовато-серый, розовый, мясо-красный; *цвет черты* – белый; *спайность* – совершенная по двум направлениям под прямым углом; *излом* – ступенчатый. В природе встречается в виде сплошных крупнокристаллических масс, крупных кристаллов, друз. *Плотность* – 2,6 г/см³. *Диагностические признаки* – прямоугольные сколы, высокая твердость, совершенная спайность. *Класс* – силикаты каркасные (алюмосиликаты). *Происхождение* – магматическое, реже гидротермальное, метаморфическое. *Применяется* в стекольной и керамической промышленности.

29. Микроклин ($\text{K}[\text{AlSi}_3\text{O}_8]$), зеленая разность – амазонит. *Твердость* – 6; *блеск* – стеклянный, слегка перламутровый; *цвет* – кремовый, зеленовато-серый, зеленый, розовый; *цвет черты* – белый; *спайность* – совершенная по двум направлениям под углом, близким к прямому, 89°40'; *излом* – ступенчатый. В природе встречается в виде сплошных крупнокристаллических масс, отдельных кристаллов, друз. *Плотность* – 2,6 г/см³. *Диагностические признаки* – отличается от ортоклаза по спайности (менее 90° на 20'). *Класс* – силикаты каркасные (алюмосиликаты). *Происхождение* – магматическое, метаморфическое. *Применяется* в стекольной и керамической промышленности, амазонит – поделочный камень.

30. Альбит ($\text{Na}[\text{AlSi}_3\text{O}_8]$), натриевый плагиоклаз. *Твердость* – 6; *блеск* – стеклянный; *цвет* – белый, голубовато-белый; *цвет черты* – белый; *спайность* – совершенная по двум направлениям под косым углом; *излом* – неровный. В природе встречается в виде сплошных зернистых (мраморовидных) масс, листоватых агрегатов, друз. *Плотность* – 2,6 г/см³. *Диагностические признаки* – белый цвет, сахаро-

видный, совершенная спайность. **Класс** – силикаты каркасные (алюмосиликаты). **Происхождение** – магматическое, гидротермальное, метаморфическое. **Применения** нет.

31. **Анортит** ($\text{Ca}[\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8]$), кальциевый плагиоклаз. **Твердость** – 6–6,5; **блеск** – стеклянный; **цвет** – серый, белый, голубоватый, желтоватый; **цвет черты** – бесцветный, белый; **спайность** – совершенная в двух направлениях; **излом** – неровный, раковистый. В природе встречается в виде зернистых агрегатов в основных магматических породах и некоторых лавах. **Плотность** – 2,7 г/см³. **Диагностические признаки** – сходен с альбитом, отличается только в шлифах. **Класс** – силикаты каркасные (алюмосиликаты). **Происхождение** – магматическое. **Применения** нет.

32. **Лабрадор** ($\text{Ca}[\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8]$ – 50–70 %, $\text{Na}[\text{AlSi}_3\text{O}_8]$ – 50–30 %), кальциево-натриевый плагиоклаз. **Твердость** – 6; **блеск** – стеклянный, перламутровый; **цвет** – серый, темно-серый с голубыми и зеленоватыми переливами; **цвет черты** – белый; **спайность** – совершенная в двух направлениях; **излом** – неровный. В природе встречается в виде сплошных крупнозернистых масс в основных магматических породах. **Плотность** – 2,7 г/см³. **Диагностические признаки** – синий отлив на плоскостях спайности (иризация). **Класс** – силикаты каркасные (алюмосиликаты). **Происхождение** – магматическое. **Применяется** как облицовочный материал.

33. **Нефелин** ($(\text{Na}, \text{K})[\text{AlSiO}_4]$), элеолит, масляный камень. **Твердость** – 5–6; **блеск** – стеклянный на гранях, жирный на изломе; **цвет** – серый, розовый, желто-бурый, бесцветный; **цвет черты** – не дает; **спайность** – несовершенная; **излом** – неровный, плоскораковистый. В природе встречается в виде сплошных зернистых масс, зерен в щелочных породах. **Плотность** – 2,7 г/см³. **Диагностические признаки** – от ортоклаза и плагиоклазов отличается жирным блеском и несовершенной спайностью, от кварца отличается по твердости и блеску. **Класс** – силикаты каркасные (алюмосиликаты). **Происхождение** – магматическое. **Применяется** как сырье для стекольного производства, при производстве соды и алюминия.

5. Изучение минералов

При самостоятельном изучении минералов по литературным источникам и учебным коллекциям необходимо усвоить главные процессы образования минералов в земной коре, разобрать метод диагности-

ки минералов по их физическим свойствам, изучить формы минеральных агрегатов, химическую классификацию породообразующих минералов, запомнить признаки наиболее важных породообразующих и рудных минералов, а также их практическое значение.

Вопросы для самоконтроля

1. Дать определение понятию «минерал».
2. Какие минералы называются породообразующими? Их общее количество.
3. В каком агрегатном состоянии находятся минералы в природе?
4. Каким минералам присуще свойство анизотропности и что это такое?
5. Каково различие во внутреннем строении кристаллических и аморфных минералов и как это влияет на их физические свойства?
6. В чем заключается макроскопический метод изучения минералов?
7. Перечислить важнейшие физические свойства минералов.
8. Практическое значение физических свойств минералов.
9. Чем обусловлен цвет минералов?
10. Цвет черты минералов. Как он определяется?
11. Привести примеры минералов, имеющих различный цвет в куске и в порошок.
12. Что называется блеском минералов?
13. На какие две основные группы подразделяются минералы по блеску?
14. Назвать минералы, имеющие стеклянный, шелковистый, металлический блеск.
15. Назвать виды неметаллического блеска.
16. Что называется твердостью минерала?
17. Относительная и абсолютная твердость минералов.
18. Как определяется твердость минералов по шкале Мооса?
19. Назвать минералы, входящие в шкалу Мооса.
20. Как определяется твердость по шкале предметов?
21. Расположить в порядке увеличения твердости следующие минералы: кварц, тальк, гипс, флюорит.
22. Что такое спайность минерала?
23. Каким минералам присуще свойство спайности – кристаллическим или аморфным?

24. Перечислить виды спайности, дать им определение.
25. Привести пример минералов с весьма совершенной спайностью.
26. Привести пример минералов с весьма несовершенной спайностью.
27. Что такое излом минерала? Его виды.
28. Привести примеры минералов, имеющих раковистый излом.
29. В каких пределах изменяется плотность минералов?
30. На какие группы подразделяются минералы по плотности?
31. Привести пример легкого минерала.
32. Как определяется магнитность минералов?
33. Какие свойства минералов определяются органами осязания?
34. Что называется минеральным агрегатом?
35. Перечислить наиболее типичные формы минеральных агрегатов.
36. Чем определяется форма нахождения минералов в природе?
37. В чем различие между конкрециями и секрестиями?
38. Чем отличаются друзы от щеток, миндалины от жеод?
39. Как образуются дендриты?
40. Что такое оолиты и как они образуются?
41. Какие геологические процессы приводят к образованию минералов?
42. На какие две группы по происхождению подразделяются все минералы?
43. В чем заключается сущность магматического процесса минералообразования?
44. В чем состоит сущность осадочного процесса минералообразования?
45. Как образуются гидротермальные минералы?
46. Как образуются минералы химического генезиса?
47. Назвать основные классы и подклассы минералов.
48. Дать общую характеристику сульфидам, привести пример важнейших минералов.
49. Назвать важнейшие минералы – окислы железа и галоиды – и указать их диагностические признаки.
50. Дать общую характеристику сульфатам и карбонатам.
51. Практическое значение сульфатов и карбонатов.
52. Назвать важнейших представителей каждого класса.
53. Дать общую характеристику силикатам.
54. Практическое значение силикатов.

55. Что является основным элементом кристаллической решетки силикатов?

56. Как классифицируются силикаты по структуре?

57. Как сказывается структура силикатов на их физических свойствах? Привести примеры.

58. Важнейшие свойства минералов группы слюд.

59. Классификация полевых шпатов, важнейшие представители, диагностические признаки.

60. Привести примеры силикатов с различной структурой.

61. Как классифицируются минералы по химическому составу?

Лабораторная работа 2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ И ИЗУЧЕНИЕ МАГМАТИЧЕСКИХ ГОРНЫХ ПОРОД

Цель работы: 1. Произвести описание и определение образцов магматических горных пород. 2. Изучить основные разновидности магматических пород с учетом их генезиса, химического и минерального состава.

Материалы: образцы магматических горных пород, шкала Мооса, стекло, фарфоровые пластинки, лупы, рабочая тетрадь.

1. Краткие сведения о магматических породах

1.1. Происхождение

Основой возникновения этого генетического класса пород являются процессы остывания и затвердения сложного силикатного расплава (магмы), состоящего из трудно- и легколетучих компонентов. К первым относятся окислы кремния, алюминий, железо, кальций, магний, натрий и калий. Вторые представлены водой, двуокисью углерода, соляной и плавиковой кислотами, сероводородом и др.

В своем движении от очагов возникновения к поверхности земли магма застывает в зонах с различными термодинамическими условиями. При этом существуют две принципиально различные возможности формирования пород:

– магма остывает в толще земной коры, будучи окруженная со всех сторон вмещающими породами – образуются породы интрузивные;

– магма проникает на земную поверхность и там затвердевает – возникают породы эффузивные (излившиеся).

Интрузивные породы в зависимости от глубины образования и специфики кристаллизации расплава подразделяются на *глубинные*, *полуглубинные* и *жилльные*.

Эффузивные породы по времени образования и степени вторичных изменений минералов подразделяются на *палеотипные* (древневулканические) и *кайнотипные* (нововулканические).

Особую группу пород, с известной условностью относимых к магматическим, составляют породы вулканокластические. Они магматические по происхождению и осадочные по условиям образования. Возникают в результате преобразования в поверхностных условиях (как на суше, так и в воде) твердых продуктов извержения вулканов. Между интрузивными и эффузивными породами обычно наблюдается общность химического состава, близость их пространственного положения и времени образования, что объясняется внедрением силикатных расплавов из одного магматического очага.

1.2. Формы залегания

Для каждой генетической группы магматических пород характерны особые формы залегания (рис. 2.1).

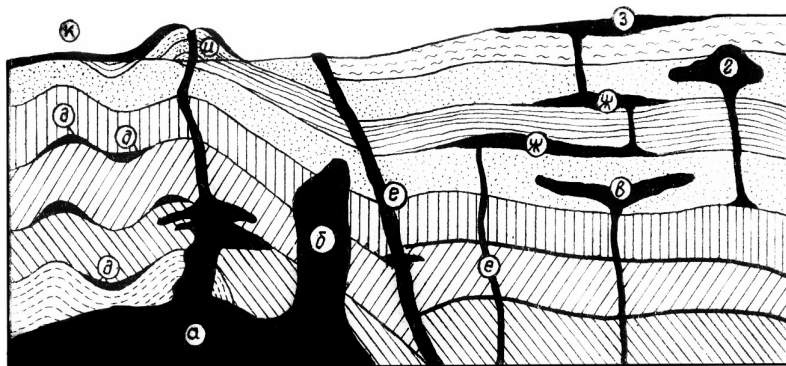


Рис. 2.1. Формы залегания магматических горных пород: *а* – батолит; *б* – шток; *в* – пологит; *г* – лакколит; *д* – факолит; *е* – магматические жилы (дайки); *ж* – силлы; *з* – покров; *и* – вулканический конус; *к* – лавовый поток

Породы интрузивные глубинные образуют в основном крупные массивные тела площадью в тысячи квадратных километров – батоли-

ты, штоки; полуглубинные и жильные образуют тела значительно меньших размеров – дайки, силлы, лополиты, лакколиты, факолиты.

Породы эффузивные залегают в виде покровов и потоков.

Вулканокластические породы имеют преимущественно такие же формы залегания, как и осадочные.

1.3. Структуры и текстуры

Под *структурой* породы понимают строение породы, обусловленное формой и величиной слагающих ее минералов (степенью кристаллизации) и способом их сростания.

Под *текстурой* понимают сложение породы, т. е. характер расположения составных частей породы в пространстве, и плотность породы.

Особенности формирования магматических пород сказываются прежде всего на их внутреннем строении. Например, интрузивные глубинные породы, которые образуются в течение длительных отрезков времени (обычно сотни тысяч лет) и при относительно постоянном давлении, выполнены хорошо ограниченными крупными кристаллами. Причем минеральная масса заполняет все пространство, занимаемое образцом. В таком случае принято говорить о полнокристаллической равномерно-зернистой (крупнозернистой) структуре и массивной текстуре. В отличие от этого некоторые эффузивные породы, образующиеся значительно быстрее, сложены очень мелкими (от 0,1 до 1 мм) кристаллическими зернами, причем в образце имеется много пустот небольшого размера. Структура образца характеризуется как скрытокристаллическая, текстура – пористая.

Из этих примеров следует важный вывод о том, что структурно-текстурные особенности породы (табл. 2.1 и рис. 2.2, 2.3) являются основой для установления ее генезиса.

1.4. Вещественный состав

В основу классификации по химическому составу положено содержание окисла SiO_2 . Он встречается во всех магматических породах, причем в количествах, достаточных для надежного определения. По процентному содержанию SiO_2 магматические породы делятся на кислые (>65 %), средние (65–52 %), основные (52–40 %) и ультраосновные (<40 %).

Т а б л и ц а 2.1. Основные структуры и текстуры магматических пород

| Условия образования | Основные типы структур | Виды структур | Виды текстур |
|--|--|-----------------------|---------------------------------|
| Интрузивные глубинные породы | Полнокристаллическая, равномерно-зернистая | Крупнозернистая | Массивная, иногда полосчатая |
| | | Среднезернистая | |
| | | Мелкозернистая | |
| Интрузивные полуглубинные и жильные породы | Полнокристаллическая, неравномерно-зернистая | Порфиroidная | Массивная, иногда полосчатая |
| | | Пегматитовая | |
| Эффузивные (излившиеся) породы | Неполнокристаллическая | Скрытокристаллическая | Массивная, пористая, пузыристая |
| | | Порфиrowая | |
| | Некристаллическая | Стекловатая | |
| Вулканокластические породы | Обломочная | Крупнообломочная | Плотная, пористая |
| | | Среднеобломочная | |
| | | Мелкообломочная | |

Химический состав магматических пород проявляется в особенностях формирования их минерального состава. При его характеристике принято выделять три группы минералов: кварц, полевые шпаты, цветные минералы. Динамика минерального состава в зависимости от изменения содержания SiO_2 четко прослеживается на схеме общей классификации магматических пород (табл. 2.2).

Например, избыток кварца является прерогативой только кислых пород, а в породах ультраосновных отсутствует не только кварц, но и полевые шпаты.

В соответствии с этим по мере снижения кислотности (от кислых к ультраосновным породам) тон окраски изменяется от светлой до темно-серой и черной. Важно отметить, что плотность пород при этом также возрастает.

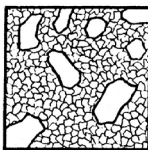
Таким образом, на основе закономерностей формирования минерального состава, окраски и плотности магматических пород в связи с их химическим составом можно установить группу пород по химическому составу и название породы.

1.5. Физические свойства

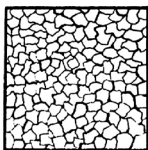
Химический и минеральный состав и структурно-текстурные особенности пород обуславливают их физико-механические свойства. В свою очередь, они являются основой для практического использования их.



a

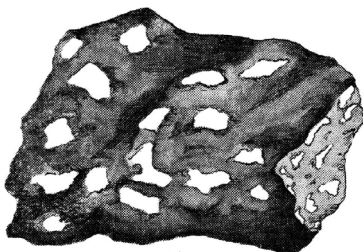


б

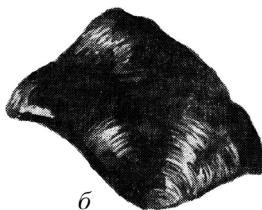


в

Рис. 2.2. Структура интрузивных пород: *a* – пегматитовая; *б* – полнокристаллическая, неравномерно-зернистая (порфировидная); *в* – полнокристаллическая, равномерно-зернистая



a



б

Рис. 2.3. Структура эффузивных пород: *a* – не-полнокристаллическая (порфировая); *б* – некристаллическая (стекловатая)

Т а б л и ц а 2.2. Схема общей классификации магматических горных пород

| Состав горной породы | | | | Окраска | Условия образования | | | | | |
|---------------------------------|--------------------|---|--------------------------------------|-----------------------|------------------------------|--|----------|-----------------------------------|--------------------------|-----------------------------------|
| химический SiO ₂ , % | минеральный, % | | | | Интрузивные породы | | | Эффузивные породы | | Вулкано-кластические породы |
| | Кварц | Полевые шпаты | Цветные минералы | | глубинные | полуглубинные | жильные | палеотипные | кайно-типные | |
| Кислые >65 | 30 | Ортоклаз 40, Альбит 20 | Слюда, роговая обманка, авгит 5–10 | Светлая | Гранит | Гранит-порфир | Пегматит | Липаритовый (кварцевый) порфир | Липарит, обсидиан, пемза | |
| Средние 65–52 | Нет или очень мало | Плаггиоклаз 70 | Слюда, роговая обманка, авгит 25–30 | Темно-серая, пестрая | Диорит | Диоритовый порфирит | | Андезитовый порфирит | Андезит | |
| | | Ортоклаз 60, плаггиоклаз 25–30 или нефелин 20 | Биотит, роговая обманка, авгит 10–20 | | Сиенит, нефелиновый сиенит | Сиенит-порфир, нефелиновый сиенит-порфир | | Трахит-порфир, фенолитовый порфир | Трахит, фенолит | Вулканический пепел, туф, брекчия |
| Основные 52–40 | Нет | Плаггиоклаз 50 | Авгит, роговая обманка, оливин 50 | Черная | Габбро | Габбро-порфирит | | Диабаз (базальтовый порфирит) | Базальт | |
| Ультраосновные <40 | Нет | Нет | Оливин, авгит | Черная, темно-зеленая | Пироксенит, перидотит, дунит | | | | | |

Под физико-механическими свойствами понимается в основном прочность пород, а также их плотность и объемная масса. Причем величина прочности может существенно меняться в зависимости от вида напряжения. В основном различают статическую прочность (на сжатие, растяжение, изгиб или сдвиг), выражаемую обычно в килограммах на квадратный сантиметр, и динамическую прочность (сопротивление истиранию, твердость, буримость и т. д.), которая обычно не допускает точного числового выражения.

Важно отметить существенное влияние на физико-механические свойства структуры и текстуры пород. Наиболее прочными являются равномерно-мелкозернистые и равномерно-среднезернистые породы. Породы аналогичного минерального состава, но крупнозернистой или порфировой структуры, имеют меньшую прочность, более податливы к разрушению как при физическом, так и при химическом выветривании.

Породы однородной массивной текстуры отличаются большей устойчивостью к выветриванию и большей механической прочностью. Породы с неравномерным распределением компонентов, с полосчатой или пористой текстурой легче разрушаются при выветривании и под воздействием внешней нагрузки, а также обнаруживают неоднородность гидрогеологических свойств.

2. Описание пород

Описание каждого образца коллекции магматических пород должно содержать все необходимые данные для качественного определения названия породы и дальнейшего изучения ее. Для того чтобы описание было последовательным и четким, рекомендуется все характерные признаки породы заносить в табл. 2.3.

Т а б л и ц а 2.3. Магматические горные породы

| Окраска | Структура | Текстура | Минеральный состав | Класс по содержанию SiO ₂ | Класс по генезису | Название породы | Формы залегания | Применение в народном хозяйстве | Физико-механические свойства |
|---------|-----------|----------|--------------------|--------------------------------------|-------------------|-----------------|-----------------|---------------------------------|------------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |

При описании образцов графы 1–6 заполняются непосредственно при макроскопическом изучении породы, а графы 8–10 – после установления ее названия на основании полного изучения характеристик породы по описанию в тексте.

Окраска – признак породы, который зависит от соотношения между светлыми и цветными минералами. Цвет образца имеет существенное диагностическое значение и позволяет ориентировочно судить о химическом составе породы. По цвету сравнительно легко выделить кислые, средние, основные и ультраосновные породы. Особо показателен цвет для эффузивных пород, в которых минеральный состав обычно макроскопически установить нельзя.

Описывая структуру породы, сначала изучают преобладающие размеры зерен, степень кристалличности породы, пегматитовые прорастания и другие особенности. Затем, после обобщения структурных признаков, в таблице указывается название типа и вида структуры согласно табл. 2.1.

При изучении текстуры особо отмечают ориентировку и расположение минералов, наличие полосчатости, крупных и мелких пор и пустот. В таблице записывают общепринятую формулировку текстуры. Основываясь на структурных и текстурных признаках, устанавливают принадлежность породы к интрузивному или эффузивному генетическому типу.

Минеральный состав большинства магматических пород (преимущественно интрузивных) можно установить макроскопически, основываясь на сумме признаков главных минералов: цвета, блеска, формы зерен, характера спайности, излома, твердости и т. д. С особым вниманием следует относиться к признакам, свидетельствующим о наличии продуктов вторичных изменений (например, помутнение полевых шпатов). Установив минеральный состав породы, глазомерно определяют количественные соотношения главных минералов и результаты заносят в таблицу.

К диагностике пород следует приступать только после заполнения граф 1–6 табл. 2.3. Целесообразно перед определением пород, основываясь на данных таблицы, весь каменный материал разделить на генетические классы, внутри которых образцы распределить по химическому и минеральному составу.

3. Определение названия пород

При определении названия необходимо пользоваться ключом, в котором породы сгруппированы по структурным признакам. Внутри каждой группы породы разделены по окраске, минеральному составу, текстуре и другим характерным особенностям. Номер породы в ключе соответствует ее номеру при описании в тексте. Для того чтобы убедиться в правильности определения, необходимо внимательно сопоставить данные таблицы с описанием породы.

3.1. Ключ к определению магматических пород

Структура полнокристаллическая, равномерно-зернистая:

а) окраска породы светлая, основная масса породы – полевошпатовая, много кварца (до 30 %) – № 1;

б) окраска породы светлая, основная масса породы – полевошпатовая, кварц отсутствует – № 7;

в) окраска породы темно-серая до черной, основные минералы – сероватый полевошпат и черный пироксен, кварц отсутствует – № 10;

г) окраска породы темно-зеленая, темно-бурая, черная, основные минералы – оливин, пироксен, кварц и полевые шпаты отсутствуют – № 13;

д) окраска породы темная до черной, основной минерал пироксен, кварц и полевые шпаты отсутствуют – № 15;

е) окраска породы темно-зеленая, черная, основной минерал – оливин, кварц и полевые шпаты отсутствуют – № 14.

Структура полнокристаллическая, неравномерно-зернистая:

окраска породы светлая, основные минералы – кварц и полевошпат, характерно пегматитовое строение (прорастание полевошпата кварцем) – № 2.

Структура неполнокристаллическая, порфировая:

а) окраска породы светлая, белая, желтоватая, красноватая, вкрапления свежих (невыветренных) зерен полевошпата, кварца – № 3;

б) окраска породы серая, желтоватая, вкрапления зерен кварца и полевых шпатов матовые (выветренные) – № 4;

в) окраска породы серая, буроватая, желтоватая, среди вкраплений нет кварца, шероховатый на ощупь, текстура мелкопористая – № 8;

г) окраска породы серая, буроватая, желтоватая, вкрапления хорошо видимых зерен полевошпата большей частью тусклые – № 9.

Структура неполнокристаллическая, скрытокристаллическая:

а) окраска породы темно-серая, черная, текстура породы пузыристая, пористая, реже массивная – № 11;

б) окраска породы черная, темно-зеленая, текстура массивная, лишена вкраплений, структура иногда мелкозернистая – № 12.

Структура некристаллическая, стекловатая:

а) окраска породы черная, красновато-бурая, раковистый излом, стеклянный блеск – № 5;

б) окраска породы серая, желтая, порода очень легкая, плавает в воде, текстура пузыристая, пористая – № 6.

Структура обломочная:

окраска породы различная, в основном серая, розовая, состоит из разнообразных обломков вулканического стекла, минералов и горных пород – № 16.

3.2. Краткое описание основных типов магматических горных пород

3.2.1. Кислые магматические породы

Кислые магматические породы (содержание $\text{SiO}_2 > 65 \%$) имеют исключительно широкое распространение и занимают более 60 % площади развития всех магматических пород. Типичные их представители – породы группы гранита-липарита. Для них характерно большое содержание кварца и преобладание калиевого полевого шпата над плагиоклазом. Окраска пород светлая благодаря небольшому содержанию цветных минералов. В данную группу объединяются интрузивные (гранит, гранит-порфир, пегматит) и эффузивные (липарит, липаритовый порфир) горные породы (см. табл. 2.2).

1. **Гранит** – глубинная интрузивная порода, сложенная калиевым полевым шпатом (ортоклазом или микроклином) – 40 %, плагиоклазом – 20 %, кварцем – 30 % и цветными минералами – 5–10 %, в основном биотитом, роговой обманкой или авгитом. **Окраска** гранитов светлая, светло-серая, серая, желтоватая, розовая, красная и обусловлена цветом полевого шпата. **Структура** породы полнокристаллическая, равномерно-зернистая, крупно-, средне- или мелкозернистая, **текстура** массивная. Залегает преимущественно в форме батолитов, штоков, лакколлитов. Плотность гранитов меняется в больших пределах, объемная масса – 2,8–3,3 г/см³. Временное сопротивление сжа-

тию – 1500–2000 кг/см². Используется в строительстве в виде щебня, бутового камня, плит, мостовых опор и как облицовочный материал.

2. **Пегматит**, письменный гранит – жильная порода, состоит из калиевого полевого шпата, кварца, слюд (биотита или мусковита). Характерно взаимное прорастание полевого шпата и кварца. **Окраска** породы белая, сероватая, красноватая. **Структура** полнокристаллическая, неравномерно зернистая, пегматитовая. **Текстура** породы массивная, формы залегания – дайки и жилы. Применяется для изготовления фарфора, слюды. Редкие минералы, встречающиеся в пегматитовых жилах, используются как ценное минеральное сырье.

3. **Липарит** – кайнотипный эффузивный аналог гранита. Минеральный состав такой же, как у гранита. **Окраска** породы белая, светло-серая, желтоватая, красноватая. **Структура** порфирировая, **текстура** массивная или пористая. Вкрапления представлены кварцем, калиевым полевым шпатом, плагиоклазом. Полевые шпаты имеют свежий облик, не измененный вторичными процессами. Наиболее типичная форма залегания – поток. Плотность липаритов – 2,5–2,6 г/см³, объемная масса – 2,4–2,6 г/см³, временное сопротивление сжатию колеблется в широких пределах – от 500 до 3500 кг/см². Применяется как разнообразный строительный материал.

4. **Липаритовый порфир**, кварцевый порфир – палеотипный аналог гранита. Минеральный состав аналогичен составу гранита. **Окрашен** в сероватые, серые, бурые, желтые, зеленоватые тона. **Структура** породы порфирировая, **текстура** массивная или пористая. Вкрапления представлены теми же минералами, что и у липарита, однако отличаются потускневшими зернами полевых шпатов. Вулканическое стекло основной массы раскристаллизовано. Характерные формы залегания – потоки, крупные покровы. Липарит и липаритовый порфир используются как строительный камень, а некоторые кварцевые порфиры – как декоративный материал. Физико-механические свойства такие же, как у липарита.

5. **Обсидиан** – эффузивная порода. **Окраска** различная: светло-серая, серая, бурая, красновато-бурая, черная. **Структура** стекловатая, **текстура** массивная, характерен раковистый излом и стеклянный блеск. Чаще встречаются кислые обсидианы, аналоги липаритов, но имеются также аналоги трахитов, андезитов, базальтов и других излившихся пород. Состав обсидианов сложный и непостоянный. Образуется при быстром застывании излившейся на поверхность лавы. За-

легают в виде потоков или покровов. Используется как поделочный и декоративный камень, наполнитель бетона.

6. **Пемза** – эффузивная порода. **Окраска** белая, желтоватая, серая, черная и красноватая. **Структура** породы стекловатая, **текстура** пузыристая, порода войлокоподобная. Образуется при быстром затвердении бурно вскипающей лавы (богатой газами и парами), плавает в воде. По химическому составу колеблется от кислых до основных. Залегают в виде потоков. Временное сопротивление сжатию составляет 200–400 кг/см², пористость – 80 %. Используется как абразивный и изоляционный материал, наполнитель легких бетонов и гидравлическая добавка к бетону.

3.2.2. Средние магматические породы

К средним магматическим породам (содержание SiO₂ – 65–52 %) относятся многочисленные породы (около 400 типов) группы сиенита-трахита, нефелинового сиенита-фенолита и диорита-андезита. В породах этих групп отсутствует кварц, что легко отличает их по этому признаку от кислых пород. Группы средних пород в большей мере, чем кислые, обогащены цветными минералами и имеют преимущественно серую окраску. Их типичными представителями являются породы группы сиенита-трахита, которые занимают около 0,6 % всей площади развития магматических пород.

7. **Сиенит** представляет собой глубинную интрузивную породу, сложенную калиевым полевым шпатом (50–60 %), кислым плагиоклазом (25–30 %) и цветными минералами (биотит, роговая обманка, авгит), составляющими в сумме 10–20 %. **Окраска** сиенитов от розоватой до сероватой. **Структура** породы полнокристаллическая, равномерно-зернистая, крупно- или среднезернистая; **текстура** массивная, реже полосчатая. Сиенит можно легко спутать с гранитом, от которого он отличается часто только отсутствием кварца. Залегают сиенит в виде штоков. По физико-механическим свойствам сиениты близки к гранитам, несколько уступая им в прочности по причине отсутствия кварца. Используются аналогично гранитам.

8. **Трахит** – кайнотипный эффузивный аналог сиенита. Минеральный состав трахита аналогичен составу сиенита. **Окраска** трахита светло-серая, светло-желтая, сероватая, буроватая, желтоватая. **Структура** породы порфировая, **текстура** пористая, массивная. Кристаллические вкрапления представлены калиевым полевым шпатом,

реже биотитом и роговой обманкой. Для вкраплений характерна свежая блестящая поверхность. Порода тонкопористая, шероховатая на ощупь. В связи с наличием пор временное сопротивление сжатию обычно не превышает 600–700 кг/см². Используется как заполнитель для бетона и кислотоупорный материал.

9. **Трахитовый порфир** – палеотипный аналог сиенита. Минеральный состав аналогичен составу сиенита. **Окраска** породы красноватая, желтоватая, буроватая, серая. **Структура** породы порфировая, **текстура** массивная (плотная). Трахитовые порфиры от трахитов отличаются сильной степенью изменения минералов. Вкрапления большей частью тусклые. Залегают трахиты и трахитовые порфиры в форме мощных потоков или покровов, что объясняется большой вязкостью щелочной лавы. Иногда встречаются дайки и пластовые залежи. Используется как строительный и декоративный камень, ценный кислотоупорный материал. Плотность трахитов и трахитовых порфиров – 2,5 г/см³. Временное сопротивление сжатию обычно составляет 500–800 кг/м².

3.2.3. Основные магматические породы

Основные магматические породы (содержание SiO₂ – 52–40 %) представлены группой габбро-базальта. От кислых и средних пород легко отличаются по темному, почти черному цвету, обусловленному большим количеством темноцветных минералов в породе. Кварц и калиевый полевой шпат отсутствуют. Эффузивные породы основного состава являются самыми распространенными среди всех магматических пород.

10. **Габбро** – интрузивная глубинная порода, сложенная основным плагиоклазом (лабрадором, битовнитом, анортитом), составляющим 50 %, и пироксеном (авгитом). В небольших количествах могут присутствовать оливин, роговая обманка, биотит. **Окраска** габбро темно-серая, зеленовато-серая, черная. **Структура** породы полнокристаллическая, равномерно-зернистая, крупно- или среднезернистая, **текстура** массивная, полосчатая. Залегает габбро в форме лополитов и лакколлитов. Реже встречаются дайки. Плотность габбро составляет 2,7–2,9 г/см³, объемная масса – 2,6–2,8 г/см³, предел прочности при сжатии – 800–2800 кг/см². Породы отличаются большой прочностью и достаточно высокой стойкостью против выветривания. Применяется как строительный камень и облицовочный материал.

11. **Базальт** – кайнотипный эффузивный аналог габбро. Минеральный состав аналогичен составу габбро. **Окраска** базальта темно-серая, черная. Характерен неровный излом, большой удельный вес. **Структура** породы скрытокристаллическая, иногда порфировая. **Текстура** массивная, пористая, пузыристая. Формы залегания базальтов – потоки и покровы, нередко огромные по площади и значительные по мощности, что связано с низкой вязкостью базальтовой лавы. Базальты очень стойки к выветриванию.

12. **Диабаз** – палеотипный эффузивный аналог габбро. Минеральный состав соответствует составу габбро. **Окраска** породы зеленая, темно-зеленая, черная. **Структура** породы порфировая, скрытокристаллическая, мелкозернистая (диабазовая). **Текстура** массивная. В случае порфировой структуры имеются вкрапления плагиоклаза, пироксена. Форма залегания диабаза – покровы, потоки силлы, дайки. Плотность базальтов и диабазов составляет $2,9\text{--}3,0 \text{ г/см}^3$, объемная масса – $2,6\text{--}2,8 \text{ г/см}^3$, временное сопротивление сжатию – от 1100 до 5000 кг/см². Используются для изготовления кислотоупорных труб и как сырье для получения базальтового литья и стекловолокна.

3.2.4. Ультраосновные породы

Ультраосновные породы (содержание $\text{SiO}_2 < 40 \%$) образуют в земной коре преимущественно глубинные формы залегания. Состоят целиком из цветных минералов и являются в основном мономинеральными. Это темноокрашенные породы, не содержащие полевых шпатов и кварца. К ультраосновным породам относятся перидотит, дунит, пироксенит и др.

13. **Перидотит** – самая распространенная из ультраосновных пород. Состоит из оливина (30–70 %) и пироксена (70–80 %). Иногда присутствуют единичные зерна роговой обманки и биотита. **Окраска** темно-зеленая, темно-бурая, черная. **Структура** полнокристаллическая равномерно-зернистая, средне- или мелкозернистая, **текстура** массивная. От дунита отличается наличием зерен пироксена с совершенной спайностью и сильным стекляннным блеском. Залегает в виде линзообразных или пластообразных крупных тел, подобных лополитам и лакколлитам.

14. **Дунит** состоит на 95 % из оливина. В небольших количествах присутствует магнетит или хромит. **Окраска** породы темно-зеленая, черная. **Структура** полнокристаллическая равномерно-зернистая,

мелко- или среднезернистая, *текстура* массивная. Залегают в виде линзообразных или пластообразных крупных тел, подобных лополитам и лакколлитам.

15. **Пироксенит** – порода, сложенная на 95 % пироксеном, встречаются оливин, роговая обманка, биотит. *Окраска* от темной до черной. *Структура* крупно- или среднезернистая, *текстура* массивная. Средняя плотность ультраосновных пород – 3,2–3,4 г/см³. Легко поддаются выветриванию. Генетически связаны с месторождениями полезных ископаемых (хром, платина, тальк, асбест, кобальт). Некоторые породы используются в качестве декоративного и поделочного камня. Залегают в виде линзообразных или пластообразных крупных тел, подобных лополитам и лакколлитам.

3.2.5. Вулканокластические породы

16. **Вулканические туфы** – породы неоднородного состава, на фоне пористой массы разбросаны обломки пород различной величины, формы и цвета. *Окраска* породы различная – от белой до черной. *Структура* породы обломочная, *текстура* пористая. По составу среди вулканических туфов выделяются базальтовые, андезитовые, трахитовые, липаритовые и другие, которые являются аналогами соответствующих эффузивных пород. Залегают вулканические туфы в виде слоев, пластов. Пористость туфов достигает 70 %, временное сопротивление сжатию – от 80 до 700 кг/см². Вулканические породы широко применяются в строительном деле как строительный камень и облицовочный материал. Плотная разновидность туфов – трасс, рыхлая разновидность – пуццолан используются при изготовлении пуццолановых портландцементов, применяемых в гидротехническом строительстве.

4. Изучение пород

Овладение этим разделом курса заключается не в механическом заучивании заполненной таблицы, а в познании магматических пород как продуктов и непосредственных участников сложных процессов застывания магматических расплавов в различных природных условиях, как составных частей единого комплекса земной коры, имеющих свою историю появления и развития, как чрезвычайно важных и интересных с народнохозяйственной точки зрения объектов.

При самостоятельном изучении материала по литературным источникам и при работе с образцами важно уяснить закономерности образования, строения и состава различных генетических групп пород, запомнить их внешний облик, изучить практическое значение и важнейшие физико-механические свойства.

Вопросы для самоконтроля

1. Что такое горные породы и как они классифицируются по происхождению?
2. При каких геологических процессах образуются магматические породы?
3. По каким признакам классифицируются магматические породы?
4. На чем основана генетическая классификация магматических пород?
5. Какие особенности имеют различные генетические классы магматических горных пород?
6. Как классифицируются магматические породы по химическому составу? Что и почему положено в основу этой классификации?
7. Назвать главные минералы магматических пород.
8. Как сказываются особенности химического состава магматических пород на их минеральном составе?
9. Как изменяются окраска и плотность магматических пород по химическим классам?
10. Какие особенности минерального состава имеют эффузивные палеотипные породы?
11. Как учитывается минеральный состав при определении названия эффузивной породы?
12. Как влияет минеральный состав на физико-механические свойства магматических пород?
13. Что такое структура и текстура магматических пород и какие признаки положены в основу их выделения?
14. Как связаны структурные и текстурные признаки с особенностями генезиса магматических пород?
15. Как влияет структура и текстура на физико-механические свойства пород?
16. Какие формы залегания присущи отдельным генетическим группам магматических пород?
17. Как построена общая классификация магматических пород?

Лабораторная работа 3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ И ИЗУЧЕНИЕ ОСАДОЧНЫХ ГОРНЫХ ПОРОД

Цель работы: 1. Произвести описание и определение образцов химических, органогенных, смешанных и обломочных пород. 2. Изучить основные разновидности химических, органогенных, смешанных обломочных (рыхлых, связных и сцементированных) пород с учетом их генезиса и состава.

Материалы: образцы пород, шкала Мооса, флаконы с 5–10%-ной соляной кислотой, лупы, рабочая тетрадь.

1. Краткие сведения об осадочных породах

Осадочные породы широко представлены (75 %) в поверхностной части земной коры. Вместе с тем они составляют не более 5 % от общего объема земной коры. Почти повсеместное распространение у дневной поверхности этой генетической группы пород определяет их особенно важное значение как среды для строительства и эксплуатации инженерных систем и сооружений.

Характерными чертами осадочных пород являются слоистость, пористость, зависимость состава и свойств от климата, содержание остатков животных и растительных организмов.

1.1. Происхождение

Осадочные горные породы образуются путем накопления продуктов разрушения магматических, метаморфических и более древних осадочных пород. Образование осадочных пород начинается с выветривания материнской породы, проходит стадию переноса (транспортировки), завершается осаждением (седиментацией) и превращением рыхлого водного или воздушного осадка в осадочную горную породу (диагенез). В зависимости от происхождения исходного осадка осадочные породы подразделяют на следующие группы: 1) обломочные (механические); 2) химические; 3) органогенные; 4) смешанные.

1.2. Вещественный состав осадочных пород

Средневаловой химический состав всей осадочной толщи близок к составу магматических пород. Однако специфика генезиса проявляет-

ся в том, что в отличие от магматических пород наблюдаются большее количество окисного железа по сравнению с закисным, преобладание калия над натрием, повышенное содержание воды и углерода.

В состав осадочных пород входят следующие виды минерального материала: а) обломки горных пород различного происхождения (магматических, осадочных, метаморфических); б) первичные минералы, сохранившиеся после разрушения в процессе выветривания исходных пород (кварц, полевые шпаты, слюды, роговая обманка и др.); в) минералы собственно осадочные (глинистые минералы, гипс, кальцит, галит, опал и др.).

Осадочные породы в основном являются мономинеральными образованиями.

1.3. Структура и текстура

Характеризуя структурно-текстурные особенности осадочных пород, следует учитывать, что для них характерны те же признаки строения и сложения пород, что и для пород любой другой генетической группы. Вместе с тем специфика образования определяет наличие особых их разновидностей.

Структуры обломочных пород возникают в результате механического разрушения исходного материала. Вследствие этого основой их классификации является размер зерен. Выделяют следующие структуры: *грубообломочную* с частицами более 2 мм в диаметре, *среднеобломочную* (песчаную) – преобладают частицы от 2 до 0,05 мм; *мелкообломочную* (пылеватую) – размер частиц от 0,05 до 0,005 мм; *тонкообломочную* (глинистую) с частицами менее 0,005 мм; *смешанную* (в породе представлены частицы различных размеров).

При характеристике структур химических и органогенных пород следует обращать внимание на форму зерен, а не на их размер. Основные типы структур этих пород: *кристаллически-зернистая, оолитовая, землистая, детритусовая* (обломочная), *скрытокристаллическая, волокнистая, ракушечниковая, коралловая*.

Текстуры осадочных пород: по признаку ориентировки зерен обычно разделяют на *беспорядочную* и *слоистую*. По отношению к пористости принято выделять *плотную* и *пористую* (мелкопористая – размер пор <0,5 мм, крупнопористая – от 0,5 до 2,5 мм) текстуры. Текстуру сыпучих пород называют *рыхлой*.

1.4. Формы залегания осадочных пород

Характерной особенностью осадочных горных пород является слоистый характер их залегания – результат длительного накопления осадков. Отдельные слои отличаются друг от друга по минеральному составу, крупности зерен, окраске, расположению частиц и т. д. Залегают осадочные породы обычно в виде пластов, реже в форме линз, выклиниваний, осыпей, валов и т. д. Основные формы залегания осадочных пород приведены на рис. 3.1.

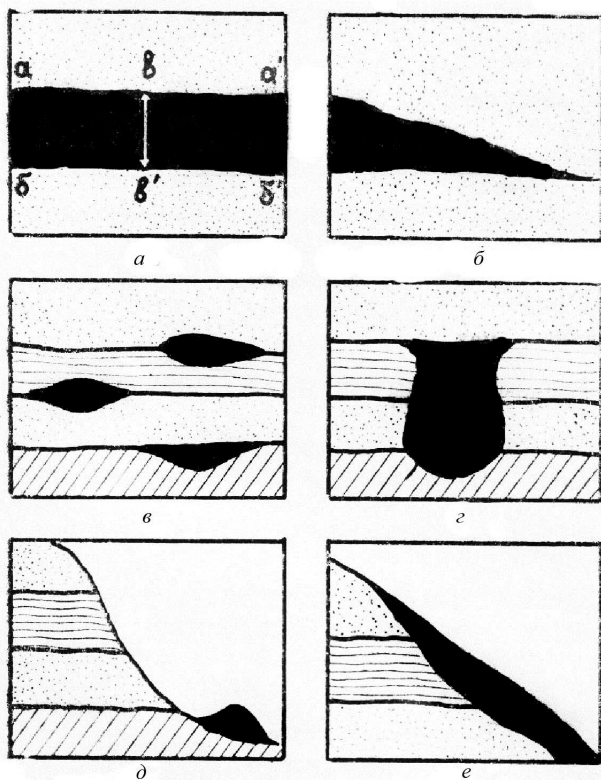


Рис. 3.1. Формы залегания осадочных пород: а – пласт; аа' – кровля пласта, бб' – подошва пласта, вв' – мощность пласта; б – выклинивание пласта; в – линзы; г – карман; д – вал; е – шлейф

2. Описание пород

Описание образцов химических, органогенных и смешанных осадочных пород производится в форме табл. 3.1.

Т а б л и ц а 3.1. Химические, органогенные и смешанные породы

| Окраска | Структура | Текстура | Минеральный состав | Химический состав | Класс по генезису | Название породы | Применение в народном хозяйстве |
|---------|-----------|----------|--------------------|-------------------|-------------------|-----------------|---------------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |

Графы 1–6 таблицы заполняются при непосредственной работе с образцами коллекции, а графы 7, 8 – после определения их названия согласно описанию пород.

При самостоятельном описании основных признаков необходимо руководствоваться следующими рекомендациями.

Окраска – одно из важнейших физических свойств, которое часто служит диагностическим признаком. Первичным цветом в основном является белый. Различные красители придают химическим и органогенным породам следующие оттенки: черный (органическое вещество), желтый, бурый, красный (окислы железа), зеленый (минерал глауконит, окислы меди), синеватый и голубоватый (водные силикаты железа, вода, находящаяся в порах). Цвет породы в значительной степени зависит от ее состояния (влажное или сухое, в куске или раздробленная в порошок). Поэтому при описании указываются основная окраска, ее оттенки, характер распределения по образцу.

Структура. Надо учитывать, что это главный показатель, по которому можно составить представление о генетической принадлежности образца. Необходимо внимательно изучить форму минеральных агрегатов (волокна, зерна, обломки раковин и т. д.), а также включения обломочного материала, остатков животных или растительных организмов.

Текстура. Необходимо обратить особое внимание на описание слоистости. Следует выделить ее тип, выражение (изменение цвета, состава, мощность слоев). При описании трещиноватости указывается характер трещин (открытые, закрытые, их длина, ширина). Отмечается кавернозность карбонатных пород, наличие конкреций и желваков

фосфорита, кремня, лимонита и т. д. Дается ориентировочная характеристика пористости (макро- или микропористая порода).

Минеральный и химический состав. При характеристике состава пород определение названия минералов следует производить в соответствии с методами их диагностики, изложенными в работе 1. Состав химических, органогенных и смешанных пород наряду с генезисом положен в основу их классификации (табл. 3.2) и служит важным диагностическим признаком.

Описание образцов обломочных пород целесообразно начинать путем разделения образцов на группы в соответствии с классификационными принципами.

Т а б л и ц а 3.2. **Классификация химических, органогенных и смешанных осадочных пород**

| Химический состав | Минеральный состав | Наименование пород | | |
|------------------------------|--------------------------------|---|--|----------------|
| | | Химические | Органогенные | Смешанные |
| Карбонатные | Кальцит Доломит Каолинит | Известняк плотный, известняк оолитовый, известковый туф, натечный известняк, доломит, мергель | Известняк коралловый, известняк-ракушечник, мел | Мергель, ил |
| Кремнистые | Опал Халцедон Каолинит | Трепел, кремнистые туфы, кремень | Диатомит | Опока |
| Сернокислые | Гипс Ангидрит | Гипс, ангидрит | | |
| Галоидные | Галит Сильвин | Каменная и калийная соль | | |
| Железистые | Лимонит | Бурый железняк | | Бурый железняк |
| Алюминиевые | Боксит | Боксит | | |
| Фосфатные | Фосфорит | Фосфорит | Фосфорит | Фосфорит |
| Каустобиолиты (углеродистые) | | | Горф, угли, горючие сланцы, нефть, асфальт, озокерит | |

Правильность отнесения образцов к той или иной группе первоначально решается путем консультации с преподавателем. Описание образцов производится в форме табл. 3.3.

Перед описанием пород следует тщательно изучить их классификацию (табл. 3.4), обращая особое внимание на то, что в ее основе лежат три фактора: размер частиц, форма частиц, наличие структурных связей (породы подразделяются на рыхлые, связные и цементированные).

Таблица 3.3. Обломочные породы

| Окраска | Структура | | Текстура | | Минеральный состав | | Название породы | Применение в народном хозяйстве |
|---------|------------------------|---------|----------|----------------|--------------------|---------|-----------------|---------------------------------|
| | породы (размер частиц) | цемента | породы | тип цементации | обломков | цемента | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |

При работе с образцами графы 1–7 заполняются самостоятельно (с учетом возможности последующего их дополнения), а графы 8, 9 – после определения названия породы согласно ее описанию в тексте. Графы 3, 5, 7 присутствуют только в описании цементированных пород. При описании основных признаков пород целесообразно использовать следующие рекомендации.

Окраска. Диагностическое значение этого признака и подход к описанию приведены выше.

Структура (гранулометрический состав) визуально определяется с помощью диаграммы Василевского. Для этого рыхлая порода насыпается в центр круга и размеры частиц сравниваются с диаметром кружков таблицы. С этой же целью может использоваться миллиметровая бумага. Структура пылеватых и глинистых пород макроскопически не определяется и может быть установлена по косвенным признакам. Характеризуя структуру цементированных пород, помимо описания размеров частиц необходимо отметить строение цемента, рассматривая его как осадочную породу химического генезиса.

Текстура. Общая характеристика текстуры дается на основе вышеприведенных рекомендаций. При описании текстур цементированных пород следует иметь в виду, что в зависимости от условий образования объединение частиц цементом может происходить по-разному. В связи с этим выделяют различные типы цементации (рис. 3.2).

Минеральный состав (для песчаных) или петрографический (для грубообломочных пород) дается путем просчетов содержания основных групп минералов или обломков пород различных генетических групп с использованием лупы. Необходимо учитывать, что песчаные породы состоят в основном из кварца и полевого шпата. Кроме того, в их состав входят обломки пород, чаще всего сланцев и эффузивов. Материал грубообломочных пород должен классифицироваться на такие группы: магматические, осадочные, метаморфические породы (их соотношение отражается в процентах, для чего определяется визуально состав достаточно большого количества обломков).

Т а б л и ц а 3.4. Классификация обломочных пород

| Группы горных пород | Размеры преобладающих обломков, мм | | Наименование пород | | | | |
|---|------------------------------------|------------|--------------------------------|----------------------------------|----------------------------|---------------------------------------|----------------------------------|
| | | | рыхлых | | связных | сцементированных | |
| | | | сложенных окатанными обломками | сложенных неокатанными обломками | | сложенных окатанными обломками | сложенных неокатанными обломками |
| Грубообломочные породы (псефиты) >2 мм | Крупные | >100 | Валуны | Глыбы | Валунные суглинки (морена) | Валунные конгломераты | Глыбовые брекчии |
| | Средние | 100–10 | Галечники | Щебень | | Конгломераты | Брекчии |
| | Мелкие | 10–2 | Гравий | Дресва | | Гравийные конгломераты | |
| Среднеобломочные песчаные породы (псаммиты) 2–0,05 мм | Грубые | 2–1 | Пески грубозернистые | | | Песчаники соответствующей зернистости | |
| | Крупные | 1–0,5 | Пески крупнозернистые | | | | |
| | Средние | 0,5–0,25 | Пески среднезернистые | | | | |
| | Мелкие | 0,25–0,1 | Пески мелкозернистые | | | | |
| | Тонкие | 0,1–0,05 | Пески тонкозернистые | | | | |
| Мелкообломочные пылеватые породы (алевроиты) | | 0,05–0,005 | | | | Суглинки, супеси, лессы | Алевролиты |
| Тонкообломочные глинистые породы (пелиты) | | <0,005 | | | | Глины | Аргиллиты |

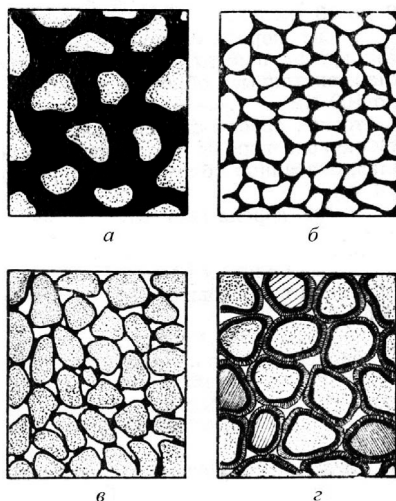


Рис. 3.2. Типы цементации (по М. С. Швецову):
a – цемент базальный; *б* – цемент пор; *в* – цемент контактовый; *г* – цемент обрастания

Минеральный состав пород мелко- и тонкообломочных макроскопическим методом, как правило, установить трудно. Поэтому он записывается ориентировочно после диагностики породы. Состав цемента сцементированных пород устанавливается, как для пород химических, и на основе изложенных рекомендаций.

3. Определение названия пород

Неоднородность состава и свойств химических, органогенных и смешанных пород обычно исключает применение стандартных методов для их диагностики. Правильное определение их возможно только при полном учете всего комплекса внешних свойств. Полное описание дает возможность установить тип породы и способ ее образования, а тем самым и определить ее. Грубой ошибкой при характеристике породы является не точно подобранное название, а неполное и неправильно сделанное описание, так как первое по второму всегда легко исправить, а обратное сделать невозможно.

При диагностике обломочных пород в принципе остаются верными вышеизложенные рекомендации. После описания признаков породы ее

диагностика производится с помощью ключа и определителя. Названия грубо- и среднеобломочных пород сравнительно легко устанавливаются после визуального определения гранулометрического состава. При этом название породы дается по содержанию той фракции, количество которой составляет более 50 %. Производные этих пород связные и цементированные породы легко распознаются по типу связей, наличию или отсутствию цемента и форме частиц.

Породы связные определяются с помощью простейших приемов, выработанных практикой. Глинистый песок – рыхлая порода, при растирании на пальцах остаются глинистые частицы; супесь – связная порода, в состоянии естественной влажности из нее можно изготовить цилиндр толщиной в палец; из суглинка в состоянии естественной влажности можно изготовить колечко толщиной в палец, при растирании с водой на стекле обнаруживается значительное количество песчаных частиц; глина при этом же испытании – песчаные частицы единичны; глина жирная – песчаные частицы не обнаруживаются.

Лессовые породы распознаются по малой прочности агрегатов, характерной палевой или светло-желтой окраске, макропористой структуре и бурной реакции с соляной кислотой.

Предварительно определив название образца, следует внимательно сопоставить данные таблицы с описанием в тексте и после этого окончательно произвести диагностику. После заполнения граф 1–6 следует обратиться к ключу, в котором породы сгруппированы по структурному признаку с указанием их генезиса. Описание пород также построено по генетическому принципу. Внутри каждой группы выделена окраска пород и некоторые другие, наиболее характерные признаки. Окончательный вывод о названии образца следует делать только после внимательного сопоставления свойств породы с ее предполагаемым описанием в тексте.

3.1. Ключ к определению химических, органогенных и смешанных пород

1. Структура зернистая:

а) окраска породы светлая белая, кремовая, вскипает с холодной соляной кислотой в порошке или с подогретой в куске, генезис химический – № 4;

б) окраска породы белая, сероватая, розовая, твердость 2, царапается ногтем, иногда волокнистое строение, генезис химический – № 6;

в) окраска породы серая, голубоватая, твердость 3,5–4, напоминает мрамор, в отличие от которого не вскипает с кислотой, генезис химический – № 7;

г) окраска породы бесцветная, белая, хорошо растворяется в воде, вкус соленый, генезис химический – № 8;

д) окраска породы красно-бурая, голубая, хорошо растворяется в воде, вкус горько-соленый, слегка щиплет язык, генезис химический – № 9;

е) окраска породы черная, горит, черта черная, жирный блеск, пачкает руки, генезис органогенный – № 17;

ж) окраска породы серовато-черная, черная, горит, блеск металло-видный, рук не пачкает, генезис органогенный – № 18;

з) окраска породы серая, темно-серая, черная, при трении образцов издает запах жженой кости, структура породы иногда скрытокристаллическая, землистая, генезис химический, органогенный, смешанный – № 23.

2. Структура землистая:

а) окраска породы светлая, белая, желтоватая, порода очень легкая, в отличие от мела не вскипает с соляной кислотой, генезис химический – № 5;

б) окраска породы светлая, белая, желтоватая, порода очень легкая, в отличие от мела не вскипает с соляной кислотой, генезис органогенный, жадно впитывает влагу (прилипает к языку) – № 14;

в) окраска породы кирпично-красная, красно-бурая, порода глино-подобная, тощая на ощупь, с водой пластичной массы не образует, возможна оолитовая структура, генезис химический – № 10;

г) окраска породы белая, порода мягкая, пишет, тощая на ощупь, бурно вскипает с соляной кислотой, генезис органогенный – № 13;

д) окраска породы ржаво-бурая, такая же черта, возможна оолитовая, скрытокристаллическая структура, генезис смешанный, химический – № 22;

е) окраска породы темно-бурая, черная, горит, бурая черта, матовый блеск, землистый излом, генезис органогенный – № 16;

ж) окраска породы серовато-коричневая, бурая, горит коптящим пламенем с запахом битума, текстура сланцеватая, генезис органогенный – № 19.

3. Структура оолитовая:

окраска породы белая, желтая, состоит из мелких шариков, вскипает при действии соляной кислоты, генезис химический – № 2.

4. Структура скрытокристаллическая:

а) окраска породы светлая, небольшая твердость (не царапает стекло), вскипает с соляной кислотой, генезис химический – № 1;

б) окраска породы белая, желтая, бурая, часто содержит в себе ветки растений, раковины наземных организмов, текстура пористая, ячеистая, генезис химический – № 3;

в) окраска породы серая, черная, раковистый излом, при расколе звенящий звук, остроугольные обломки, порода очень легкая, генезис смешанный – № 21.

5. Структура ракушечниковая:

окраска породы светлая, скопление ракушек, бурно вскипает с соляной кислотой, генезис органогенный – № 11.

6. Структура коралловая:

окраска породы белая, желтоватая, сетчатые, решетчатые, скелетные остатки, текстура пористая, бурно вскипает с соляной кислотой, генезис органогенный – № 12.

7. Структура волокнистая:

окраска породы буровато-коричневая, черная, состоит из измельченных растительных остатков, очень легкая, в сухом состоянии загорается от спички, генезис органогенный – № 15.

8. Структура тонкообломочная:

окраска породы палево-желтая, коричнево-желтая, белая, серая, легко вскипает с соляной кислотой, но после реакции остается грязное, глинистое пятно, структура породы иногда мелкозернистая, генезис смешанный – № 20.

3.2. Ключ к определению обломочных пород

1. Структура грубообломочная:

а) окраска породы различная, порода рыхлая, остроугольные обломки размером от 10 до 100 мм – № 24;

б) окраска породы различная, остроугольные обломки размером от 10 до 100 мм, порода сцементированная – № 38;

в) окраска породы различная, порода рыхлая, остроугольные обломки размером от 2 до 10 мм – № 25;

г) окраска породы различная, остроугольные обломки размером от 2 до 10 мм, порода сцементированная – № 40;

д) окраска породы различная, порода рыхлая, окатанные обломки размером от 10 до 100 мм – № 26;

е) окраска породы различная, окатанные обломки размером от 10 до 100 мм, порода сцементированная – № 39;

ж) окраска породы различная, порода рыхлая, окатанные обломки размером от 2 до 10 мм – № 27;

з) окраска породы различная, окатанные обломки размером от 2 до 10 мм, порода сцементированная – № 40.

2. Структура среднеобломочная:

а) окраска породы белая, светло-серая, желто-бурая, порода рыхлая, окатанные и неокатанные обломки размером от 0,05 до 2 мм, состоит в основном из зерен кварца (до 95 %) – № 29;

б) окраска породы белая, светло-серая, желто-бурая, окатанные и неокатанные обломки размером от 0,05 до 2 мм, состоит в основном из зерен кварца, порода сцементированная – № 41;

в) окраска светлая, порода рыхлая, состоит из зерен различных минералов, в основном кварца, полевых шпатов, слюд, окатанные и неокатанные обломки от 0,05 до 2 мм – № 28;

г) окраска светлая, состоит из зерен различных минералов, в основном кварца, полевых шпатов, слюд, окатанные и неокатанные обломки от 0,05 до 2 мм, порода сцементированная – № 41.

3. Структура мелкообломочная:

а) окраска породы палево-желтая, желто-серая, порода легко растирается между пальцами, бурно вскипает с соляной кислотой, текстура пористая – № 30;

б) окраска породы палево-желтая, желто-серая, порода легко растирается между пальцами, бурно вскипает с соляной кислотой, слоистая – № 31;

в) окраска породы бурая, коричнево-бурая, серая, во влажном состоянии шнур, свернутый в кольцо, растрескивается, ощущаются песчинки – № 32;

г) окраска породы желтовато-бурая, красновато-бурая, серая, песчаные частицы преобладают над глинистыми, во влажном состоянии шнур не раскатывается, образуются толстые катышки – № 34;

д) окраска породы различная, чаще темная, порода прочная, при расколе дает остроугольные осколки и плитки – № 42.

4. Структура тонкообломочная:

а) окраска разнообразная, во влажном состоянии раскатывается в тонкий шнур диаметром до 0,5 мм, песчинки не ощущаются, полируется ногтем – № 35;

б) окраска породы белая, порода мягкая, жирная на ощупь – № 36;

в) окраска породы светло-серая, порода жирная на ощупь, отличается огнеупорными свойствами – № 37;

г) окраска породы темная, порода плотная, твердая (твердость 3), излом неровный – № 43.

5. Структура смешанная:

окраска породы от серой до красно-бурой, неоднородная, неслоистая, землистая порода, содержит обломки различных минералов и горных пород, песчаные, глинистые, гравийные частицы – № 33.

3.3. Краткое описание химических, органогенных, смешанных и обломочных пород

3.3.1. Химические породы

Карбонаты – наиболее распространенные осадочные образования, состоящие из минералов группы кальцита. Сюда относятся плотный известняк, известняк оолитовый, известковый туф, натечный известняк, доломит, мергель. Важнейшим диагностическим признаком карбонатов является вскипание их с 10%-ным раствором соляной кислоты.

Известняки – породы, состоящие в основном из минерала кальцита. В виде примесей могут присутствовать песчаные, глинистые частицы. Наиболее типичная окраска известняков белая, но в зависимости от примесей они могут быть желтыми, бурыми, серыми, черными. Бурно вскипают при действии соляной кислоты. **Структура** известняков зернистая, скрытокристаллическая (плотный известняк), землистая, оолитовая (оолитовый известняк). **Текстура** слоистая, плотная. Среди известняков химического происхождения наибольшее значение имеют плотные и оолитовые известняки, известковые туфы.

1. **Известняк плотный** сложен в основном мельчайшими зернами кальцита и представляет собой крепкую, плотную породу преимущественно серого, белого цвета, иногда слоистую, чаще монолитную.

2. **Известняк оолитовый** сложен из мелких оолитов кальцита, имеющих скорлуповатое строение. Размер оолитов колеблется обычно от просеяного зерна до горошины. **Окраска** породы белая, желтая.

Образуются известняки в результате выпадения солей из водных растворов в прибрежной полосе морей. Используются известняки как строительный, облицовочный материал, для производства цемента, извести, удобрений и т. д.

3. **Известковый туф** (травертин) состоит из кальцита. **Окраска** белая, желтая, бурая, серая. Часто туфы заключают в себе раковины наземных организмов, отпечатки листьев и веток растений. Бурно вскипает с соляной кислотой. Образуется на склонах речных долин, балок, оврагов, в местах выхода подземных вод, богатых углекислым кальцием. **Структура** породы скрытокристаллическая, **текстура** пористая, ячеистая. Применяется туф в качестве декоративного и строительного материала, для производства цемента, извести.

4. **Доломит** – порода, содержащая в своем составе не менее 95 % минерала доломита и незначительную примесь кальцита, халцедона, кварца и других минералов. **Окраска** породы белая, кремовая, серая. Внешне порода похожа на известняк, отличается от него реакцией с соляной кислотой (вскипает только в порошке). Твердость 3,5–4. Характерна шероховатая или мучнистая поверхность излома. Структура породы зернистая, текстура плотная, пористая. Образуется главным образом путем химического изменения известковых осадков. Используются доломиты как строительный материал, при изготовлении стекла и огнеупоров, для удобрений.

Кремнистые породы. К ним относятся трепел, кремнистый туф, кремьен. Для кремнистых пород характерна небольшая плотность, светлая окраска.

5. **Трепел** состоит из мельчайших зернышек опала (0,01–0,001 мм) с примесью глинистого вещества, зерен глауконита, кварца и полевых шпатов. **Окраска** породы белая, желтоватая, сероватая. Трепел легче мела, не вскипает с соляной кислотой. Жадно впитывает влагу (прилипает к языку). **Структура** породы землистая. **Текстура** плотная, пористая, рыхлая. Происхождение трепела коллоидно-химическое. Применяется трепел в химической промышленности как поглотитель, в качестве шлифовального материала, при изготовлении взрывчатки.

Сернокислые породы – это мономинеральные породы светлой окраски, небольшой твердости. Из них наиболее распространены гипс и ангидрит. Они образуются при осаждении из насыщенных водных растворов в мелководных озерах и лагунах в условиях жаркого и сухого климата. Установлено, что в осадок вначале выпадают гипс, ангидрит, затем каменная соль. Залегают сернокислые породы обычно в виде пластов среди глинистых пород.

6. **Гипс** (гипсовый камень) состоит из минерала гипса с примесями галита, опала, кварца, глинистых, песчаных частиц. **Окраска** породы бесцветная, белая, сероватая, желтоватая, розовая. Породы мягкая, ца-

рапаается ногтем. **Структура** зернистая, волокнистая, листоватая. **Текстура** слоистая, плотная. Гипс применяется в строительном деле, медицине, для удобрений.

7. **Ангидрит** состоит из минерала того же названия, иногда с примесями доломита, галита, кварца, халцедона, глинистых, песчаных частиц. **Окраска** серая, голубоватая, синеватая. Твердость 3,5–4. Напоминает мрамор, в отличие от которого не вскипает с соляной кислотой. **Структура** зернистая, текстура плотная. Ангидрит используется для получения цемента, в производстве серной кислоты.

Галлоидные породы. К этой группе относятся каменная и калийная соль. Образуются путем осаждения в замкнутых и полузамкнутых бассейнах в условиях жаркого и сухого климата. Для этих пород характерен соленый вкус, хорошая растворимость в воде, гигроскопичность.

8. **Каменная соль.** Состоит в основном из минерала галита, в качестве примесей содержит сильвин, глинистые минералы и др. **Окраска** породы бесцветная, белая, розовая. Вкус соленый, хорошо растворяется в воде. **Структура** породы зернистая, **текстура** плотная, слоистая. Используется каменная соль как пищевой продукт и сырье для химической промышленности.

9. **Калийная соль** (сильвинит). Состоит из минералов галита (25–85 %) и сильвина (10–60 %). В качестве примесей – ангидрит, глинистые частицы, карбонаты. **Окраска** породы белая, молочно-белая, красно-бурая, голубая, синяя. Вкус горько-соленый (в отличие от галита), хорошо растворяется в воде. **Структура** зернистая, **текстура** слоистая, плотная. Используется сильвинит как удобрение в сельском хозяйстве, в химической промышленности и военном деле, источник калия.

Алюминиевые породы. Образуются путем: химического выветривания пород, богатых алюмосиликатами, в условиях жаркого влажного и переменного-влажного климата; выпадения из водных растворов в прибрежной полосе морей, озер.

10. **Боксит** состоит в основном из гидратов окиси алюминия с примесью окислов и гидроокислов железа, каолинита, опала, кварца и других минералов. **Окраска** преимущественно красно-бурая, бурая, иногда белая, сероватая. Тощий на ощупь, непластичен в отличие от глин. **Структура** породы землистая, оолитовая. **Текстура** плотная, пористая.

3.3.2. Органогенные породы

Карбонатные породы. К данной группе пород относятся известняк-ракушечник, известняк коралловый, мел. Образуются органогенные известняки в результате скопления продуктов жизнедеятельности животных и растительных организмов.

11. **Известняк-ракушечник** – порода, сложенная известковыми раковинами различных моллюсков. Состоит из кальцита с небольшими примесями кремнезема, глинозема. **Окраска** светлая. Бурно вскипает с соляной кислотой. **Структура** породы ракушечниковая. **Текстура** пористая.

12. **Известняк коралловый** сложен постройками коралловых полипов. Состоит из кальцита. **Окраска** белая, сероватая, желтоватая, розовая. Отличается пористостью, что обусловлено строением кораллов. Бурно вскипает с соляной кислотой. **Структура** породы коралловая, **текстура** пористая.

13. **Мел** – разновидность органогенного известняка. Состоит мел главным образом (60–70 %) из остатков растительных (кокколитофори) организмов и планктонных животных (фораминиферы). Остальная часть (30–40 %) – тонкозернистый кальцит. **Окраска** мела белая, реже сероватая, желтоватая. В отличие от диатомита и трепела бурно вскипает с соляной кислотой. Мел мягкий (легко растирается между пальцами). Гощий на ощупь по сравнению с каолином. **Структура** породы землистая, **текстура** плотная, пористая. Мел образуется в зоне шельфа и верхней части континентального склона. Используется в качестве сырья для портландцемента, поделочного материала, пишущего мела и т. д.

Кремнистые породы. Для них характерна небольшая плотность, светлая окраска.

14. **Диатомит** представляет собой скопление микроскопических скелетов диатомовых водорослей, состоящих из водного кремнезема (опала). В виде примесей содержатся глинистые частицы, глауконит, кварц. **Окраска** породы белая, светло-желтая, сероватая. Порода очень легкая, мягкая. В отличие от мела не вскипает с соляной кислотой. Легко растирается пальцами в тончайшую пудру. Диатомит макроскопически трудно отличить от трепела. **Структура** породы землистая, **текстура** пористая, рыхлая. Образуется в морях и озерах из диатомового ила. Применение диатомита то же, что и трепела.

Каустобиолиты – это большая группа горючих углеродистых пород органического состава и органогенного происхождения. Они бывают твердыми (торф, бурый уголь, каменный уголь, антрацит, горючий сланец, асфальт, озокерит), жидкими (нефть) и газообразными (горючие газы). Наиболее распространены ископаемые угли, нефть и продукты ее изменения.

15. **Торф** состоит из полуразложившихся болотных и древесных растительных остатков, содержащих в своем составе углерод (35–59 %), водород (6 %), кислород (33 %), азот (2,3 %). **Окраска** буровато-коричневая, черная. Обладает большой пористостью и влагоемкостью. Плохое основание под сооружения. **Структура** породы землистая, волокнистая, **текстура** пористая. Образуется в болотах и озерах при разложении растительных остатков. Разложение происходит в анаэробных условиях при участии различных микроорганизмов. Используется как горючее, изоляционный материал, удобрение и химическое сырье.

Образование торфа является первой стадией углеобразования. В дальнейшем по мере увеличения температуры и давления из одного и того же исходного материала – торфа – могут образоваться бурый уголь, каменный уголь или антрацит.

16. **Бурый уголь** содержит 67–78 % углерода, 5 % водорода и 17–26 % кислорода. Плотная темно-бурая или черная порода. Дает бурую черту. Матовый блеск, излом землистый. Твердость 1–1,5. **Структура** землистая. **Текстура** плотная, пористая.

17. **Каменный уголь** содержит до 82–85 % углерода. Окраска черная, черта черная, жирный блеск, пачкает руки. Излом раковистый. Твердость 0,5–2,5. **Структура** зернистая, **текстура** слоистая, плотная.

18. **Антрацит** содержит 92–97 % углерода. **Окраска** серовато-черная, блеск металлоидный, неровный излом. Рук не пачкает. **Структура** зернистая, **текстура** плотная.

19. **Горючий сланец** – глинистая, мергелистая порода, обогащенная органическим веществом, содержание которого достигает 20–60 %. **Окраска** породы темно-серая, бурая, коричневая. Горит коптящим пламенем с запахом жженой резины. **Структура** породы землистая, **текстура** слоистая, сланцеватая, плотная. Образуется на дне морей и озер из сапропелевого гнилостного ила, т. е. ила, обогащенного углеводородами, сероводородом и неразложившимися остатками

растительных и животных организмов, главным образом планктона. Используется как топливо и химическое сырье.

3.3.3. Смешанные породы

Карбонатные породы.

20. **Мергель** – переходная порода от известняков к глинам. Состоит из кальцита (40–60 %) органического или химического происхождения и на 40–60 % из глинистых частиц как обломочного, так и химического происхождения. **Окраска** породы палево-желтая, белая, серая. Легко вскипает от соляной кислоты, но после реакции остается грязное глинистое пятно. **Структура** породы тонкообломочная, мелкозернистая, **текстура** плотная, слоистая. Образуется в морях и озерах при одновременном отложении глинистого и карбонатного материала. Мергель используется как сырье для цементной и керамической промышленности.

Кремнистые породы.

21. **Опока** состоит из зернышек опала с небольшой примесью кремниевых скелетных остатков, глауконита, глинистых минералов. **Окраска** белая, серая, иногда черная. Характерен раковистый излом; при расколе звенящий звук, несколько большая плотность, чем у трепела. **Структура** породы скрытокристаллическая, **текстура** пористая, плотная. Образуется в результате перекристаллизации и цементации диатомита или трепела. Используется для производства силикатного кирпича, цемента и как адсорбент.

Железистые породы.

22. **Бурый железняк** – порода, состоящая из лимонита с примесью песчаных и глинистых частиц. **Окраска** ржаво-бурая, желтая, бурая, такая же черта. **Структура** породы землистая, оолитовая, скрытокристаллическая. **Текстура** плотная, пористая. Происхождение химическое и смешанное (осадки озер и прибрежной полосы морей). Используется бурый железняк как руда на железо.

Фосфатные породы.

23. **Фосфорит** состоит из минералов группы апатита с примесями глинистых, органических частиц, кварца, кальцита, глауконита и др. **Окраска** породы серая, темно-серая, черная. При трении двух кусков друг о друга издает запах жженой кости. **Структура** породы мелкозернистая, скрытокристаллическая, землистая, **текстура** плотная. Образование фосфоритов связано с шельфовой зоной морских водоемов.

Источником фосфора являются организмы. В процессе их разложения шло накопление фосфора в морской воде, из которой осаждались фосфатные минералы. Применяются фосфориты как сырье для удобрений и получения фосфора.

3.3.4. Обломочные породы

Рыхлые обломочные породы. Главная особенность рыхлых обломочных пород – их раздельнозернистость, внутренние связи практически отсутствуют.

Грубообломочные породы (псефиты) состоят в основном из обломков размером более 2 мм в диаметре и подразделяются по своей форме на окатанные (валуны, галечник, гравий) и неокатанные (глыбы, щебень, дресва). Неокатанные обломки являются остроугольными и не несут следов обработки. Они обычно являются остаточными (несмещенными) продуктами физического выветривания. Осадочные породы, состоящие из окатанных обломков, образуются при переносе обломков горными потоками, реками, ледниками, а также при волноприбойной деятельности морей и озер. Минеральный состав обломков может быть очень различен. Он обусловлен составом исходных пород и характером их выветривания. **Структура** пород данной группы грубообломочная, **текстура** рыхлая. Велико практическое значение этих пород. Они широко используются как строительный материал, при покрытии и строительстве дорог, в качестве заполнителя бетонов и т. д.

24. **Щебень** – скопление остроугольных обломков от 10 до 100 мм в поперечнике.

25. **Дресва** – скопление остроугольных обломков от 2 до 10 мм в поперечнике.

26. **Галечник** – скопление галек, окатанных обломков от 10 до 100 мм в поперечнике.

27. **Гравий** – скопление окатанных обломков от 2 до 10 мм в поперечнике.

Среднеобломочные, или песчаные, породы (псаммиты). Песчаные породы составляют 15–20 % от общего объема осадочных горных пород и являются вторыми по распространенности после глинистых.

28. **Пески** – рыхлые породы, состоящие в основном из окатанных или остроугольных обломков размером от 0,05 до 2 мм. Пески обычно классифицируются по размерам зерен, минеральному составу, происхождению.

По размерам зерен различают пески грубозернистые (2–1 мм), крупнозернистые (1–0,5 мм), среднезернистые (0,5–0,25 мм), мелкозернистые (0,25–0,1 мм), тонкозернистые (0,1–0,05 мм) и разнозернистые. По минеральному составу пески могут быть мономинеральными и полиминеральными. К первым относятся кварцевые, полевошпатовые, глауконитовые, гранатовые и т. д. Наиболее распространены кварцевые пески. В полиминеральных песках к кварцевым зернам могут примешиваться зерна полевых шпатов, слюды, глауконита, кальцита, магнетита, окислов железа и др. Следует отметить, что в песках чаще всего встречаются минералы, наиболее устойчивые при выветривании. **Окраска** песков зависит от состава и наличия примесей. По условиям образования различают пески озерные, морские, речные, ветровые, ледниковые. **Структура** песков среднеобломочная, **текстура** рыхлая. Обычные формы залегания песков – пласты, линзы. Пески отличаются большой влагоемкостью и водоотдачей. В насыщенном водой состоянии пески способны течь (пльвуны). Используются пески в стекольной, керамической, металлургической промышленности, в строительстве и т. д.

29. **Кварцевый песок** состоит в основном из зерен кварца (до 95 % и более) с незначительным содержанием полевых шпатов, слюды, глауконита. **Окраска** породы белая, светло-серая, бурая.

Связные обломочные породы. К ним относятся глины, суглинки, супеси, лессы. Они характеризуются наличием внутренних связей водно-коллоидного происхождения.

Мелкообломочные, или пылеватые, породы (алевриты). Представителями алевритовых пород являются лессы, суглинки, супеси. Эти породы сложены в основном частицами размером 0,05–0,005 мм и занимают промежуточное положение между песчаными и глинистыми породами.

30. **Лесс** – пылеватая порода, содержащая более 50 % фракций размером 0,05–0,005 мм. Порода характеризуется большой полиминеральностью (до 50 минералов), но породообразующую роль играют кварц, полевые шпаты, кальцит, глинистые минералы. На карбонаты приходится до 15, реже до 30 % всей массы породы, на кварц – до 50–90 %, на глинозем – 4–20 %.

Порода обладает высокой пористостью (до 55 %) и макропористостью (крупные поры различимы глазом). Лесс не слоист, однороден. В сухом виде легко растирается пальцами в тонкий порошок. **Окраска** породы палево-желтая, желто-серая. Вскипает от действия соляной

кислоты. При увлажнении лесс обладает просадочностью за счет разрушения части агрегатов и уменьшения пористости. По происхождению лессы бывают эоловыми, пролювиальными, делювиальными, речными и т. д. **Структура** лессов мелкообломочная, **текстура** пористая. Используется лесс для изготовления кирпича, черепицы, в цементной промышленности.

31. **Лессовидные суглинки.** Состав лессовидных суглинков близок к лессу, но они слоисты, менее однородны, обладают меньшей, чем лессы, пористостью.

32. **Суглинки** – пылеватые породы, содержащие 20–30 % глинистых, до 10–20 % мелкопесчаных частиц. Остальная часть – пылеватые частицы. В виде примесей много гидроокиси железа и алюминия. Цвет их бурый, коричнево-бурый. Слабая водопроницаемость. Во влажном состоянии раскатываются в шнур, который при свертывании в кольцо растрескивается. Состоит суглинок из кварца, полевых шпатов, кальцита, глинистых минералов. Образуются суглинки в результате деятельности дождевых струй, рек, ледников. **Структура** породы мелкообломочная, **текстура** плотная, пористая, беспорядочная или слоистая.

33. **Суглинки ледникового происхождения** содержат наряду с пылеватыми, глинистыми и песчаными частицами более крупные обломки различных горных пород и даже валуны. Они имеют особое название – валунные суглинки (морена). **Структура** породы смешанная, **текстура** беспорядочная, плотная, пористая.

34. **Супеси** – пылеватые породы, содержащие 10–20 % глинистых и до 25 % песчаных частиц, остальная часть – пылеватые частицы. Состоят супеси из кварца, слюды, окислов железа, глинистых минералов и др. **Окраска** различная – палевая, желтовато-бурая, красновато-бурая и т. д. Супеси хорошо водопроницаемы, не пластичны. При скатывании образуется шероховатый шарик, шнура не получается. Образуются в результате деятельности рек, водно-ледниковых потоков, озер и др. **Структура** породы мелкообломочная, **текстура** плотная, пористая, беспорядочная или слоистая.

Тонкообломочные, или глинистые, породы (пелиты). Возникают в результате химического и частично механического осаждения продуктов преимущественно химического выветривания исходных пород. Глинистые породы широко распространены и составляют 60 % от общего объема осадочных пород.

35. **Глины** сложены более чем на 30 % из глинистых частиц (>0,005 мм), находящихся в коллоидно-дисперсном состоянии. В составе глин преобладают глинистые минералы: каолинит, монтмориллонит, гидрослюда. Второстепенное значение имеют кварц, халцедон, слюды, полевые шпаты, окислы и гидроокислы железа, карбонаты, сульфаты. При увлажнении глины набухают, при высыхании дают усадку. **Структура** глин тонкообломочная. **Текстура** слоистая, плотная, пористая. Подразделяются глины по происхождению на **остаточные**, или первичные, и **осадочные** (переотложенные, вторичные), по минеральному составу – на мономинеральные и полиминеральные. Остаточные глины возникают из оставшихся на месте продуктов химического выветривания различных горных пород. Примером их являются каолинитовые и монтмориллонитовые глины. Осадочные глины образуются за счет переотложения первичных глин. Среди них различают морские, лагунные и континентальные (речные, озерные, дельтавиальные, пролювиальные, ледниковые). **Окраска** глин разнообразна: от светло-серой и зеленовато-серой до бурой и красно-бурой и зависит от состава и красящих примесей.

36. **Каолин** – белая глина, состоящая главным образом из каолинита. В качестве примесей – кварц, чешуйки слюды. Мягкая, пластичная, жирная на ощупь. Используется в фарфоро-фаянсовой, бумажной, резиновой и парфюмерной промышленности.

37. **Огнеупорная глина** светло-серого, зеленовато-серого цветов. Состоит из каолинита (до 70 %), монотермита, иллита и др. Жирная на ощупь. Отличается огнеупорными свойствами (не плавится до 1700 °С). Используется для изготовления огнеупоров.

Цементированные обломочные породы. В природных условиях рыхлые обломочные породы цементируются различными соединениями, выпадающими из циркулирующих в порах естественных растворов. **Цементом** называется масса тонкозернистого, или аморфного, материала, скрепляющая отдельные зерна. По химико-минералогическому составу выделяют следующие виды цемента:

а) кремнистый – цементирующее вещество кварц, опал, халцедон, характеризуется высокой твердостью и слабожирным блеском;

б) карбонатный (известковый) – цемент кальцитовый, доломитовый, вскипает с соляной кислотой;

в) железистый – цементирующее вещество лимонит, окрашивает породу в ржаво-бурый или красноватый цвет;

г) сульфатный – цемент состоит из гипса, характерна небольшая твердость (2), светлая окраска;

д) глинистый – цементирующее вещество представлено глинистыми минералами, характерна малая прочность и легкая размокаемость.

Цемент может формироваться одновременно с отложением осадка, а также после образования породы.

38. **Брекчия** – грубообломочная порода, состоящая из сцементированных остроугольных обломков (щебня). Обломочный материал в брекчиях не однороден по размеру, но однороден по составу. Однородность брекчий объясняется их генезисом. Брекчии образованы из продуктов выветривания, которые почти не испытали переноса. Встречаются брекчии в виде линз и пластов, заключенных среди других обломочных пород. **Окраска** породы пестрая, часто яркая, обусловленная различным цветом обломков. **Цемент** разнообразный – глинистый, песчаный, карбонатный, железистый и т. д. **Структура** породы грубообломочная, **текстура** беспорядочная, плотная, пористая.

39. **Конгломерат** – грубообломочная порода, состоящая из сцементированных окатанных обломков (гальки). В противоположность брекчиям состав конгломератов разнообразен, размеры обломков однородны. Залегают конгломераты в виде пластов, линз и прослоев. **Окраска** разнообразная. **Цемент** такой же, как и у брекчии. **Структура** породы грубообломочная, **текстура** беспорядочная, плотная, пористая. Используются брекчии и конгломераты с плотным карбонатным и кремнистым цементом как строительный и облицовочный материал.

40. **Гравийный конгломерат** – порода, состоящая из сцементированных окатанных и неокатанных обломков (гравия, дресвы). **Окраска** породы различная. **Структура** грубообломочная, **текстура** плотная, пористая. **Тип цементации** базальный, контактовый, поровый. Состав цемента разнообразный. Залегает порода обычно в виде слоев и линз.

41. **Песчаник** – сцементированный песок. По величине зерен, минеральному составу и окраске песчаники классифицируются так же, как и пески. Песчаники в зависимости от состава цемента могут быть карбонатными, кремнистыми, железистыми, глинистыми и т. д. **Тип цементации** контактовый, поровый. Залегают песчаники в виде линз и пластов. **Структура** породы среднеобломочная, **текстура** плотная, пористая. Используются песчаники как естественный строительный материал.

42. **Алевролит** – цементированная пылеватая порода. Алевролиты широко распространены среди осадочных пород. По своим свойствам часто приближаются к песчаникам. В воде не размокают. **Структура** породы мелкообломочная, **текстура** плотная, слоистая.

43. **Аргиллит** – цементированная глинистая порода. Темная камнеподобная порода, совершенно не размокающая в воде. По минеральному составу аргиллиты близки к глинам. Применение ограничено из-за малой прочности. **Структура** породы тонкообломочная, **текстура** плотная, слоистая.

4. Изучение пород

При работе с образцами химических, органогенных и смешанных пород необходимо запомнить их внешний вид, а также изучить их признаки в соответствии с заполненной таблицей. При этом не менее важной задачей является примерное воссоздание природной обстановки и геологических процессов, следствием которых и являются рассматриваемые породы. Необходимо выработать четкое представление об осадочных породах как одной из стадий сложного процесса круговорота вещества в природе.

Изучение обломочных пород следует производить в соответствии с рекомендациями, общими для всех осадочных пород. Важно обратить внимание на специфику образования обломочных пород, усвоить разницу между рыхлыми, связными и цементированными породами, выяснить причины образования и виды связей, изучить химический состав цементов и типы цементации.

Вопросы для самоконтроля

1. При каких геологических процессах образуются осадочные породы?
2. На какие группы подразделяются осадочные породы по происхождению?
3. Вещественный состав осадочных пород.
4. Назвать главные минералы осадочных пород.
5. Дать определение понятию «структура» осадочных пород.
6. Дать определение понятию «текстура» осадочных пород.
7. Назвать основные формы залегания осадочных пород.

8. Дать характеристику важнейшим внешним признакам осадочных горных пород.
9. Перечислить основные группы пород химического и органогенного происхождения.
10. Назвать главнейшие карбонатные осадочные породы и охарактеризовать их диагностические признаки.
11. Дать характеристику главнейшим кремнистым породам.
12. Дать характеристику каоустобиолитам, сернокислым и галоидным породам, охарактеризовать их диагностические признаки.
13. Назвать главнейшие железистые, фосфатные и алюминиевые осадочные породы. Области их применения.
14. Какие признаки положены в основу классификации обломочных пород?
15. Обломочные структуры (общая характеристика).
16. Дать определение понятию «осадочная порода».
17. Чем обусловлена слоистость осадочных пород?
18. Что такое диагенез?
19. Текстура обломочных пород.
20. Классификация фракций.
21. Классификация песков и песчаников по зернистости.
22. Минеральный состав песков.
23. Чем отличается конгломерат от брекчии?
24. Чем отличается щебень от галечника?
25. Что такое дресва?
26. Чем отличаются суглинки от супесей?
27. Как в полевых условиях отличить суглинки от глин?
28. Минеральный и гранулометрический состав лессов.
29. Что такое просадочность лессов?
30. Чем отличается лесс от лессовидного суглинка?
31. Как образуются лессовые породы?
32. Какие породы называются глинами?
33. Особенности минерального и гранулометрического состава глин.
34. Что такое остаточные и осадочные глины?
35. Привести пример мономинеральной глины.
36. Основные признаки алевролитов и аргиллитов.
37. Типы цементации обломочных пород.
38. Химический состав цементов обломочных пород.

Лабораторная работа 4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ И ИЗУЧЕНИЕ МЕТАМОРФИЧЕСКИХ ГОРНЫХ ПОРОД

Цель работы: 1. Произвести описание и определение образцов метаморфических пород. 2. Изучить основные разновидности метаморфических пород с учетом их генезиса и минерального состава.

Материалы: образцы метаморфических горных пород, шкала Мооса, фарфоровые пластинки, флаконы с 5–10%-ной соляной кислотой, стекло, лупы, рабочая тетрадь.

1. Краткие сведения о метаморфических породах

Эта генетическая группа пород возникла в результате геологического процесса, называемого метаморфизмом. Этот процесс (а точнее, группа эндогенных процессов) заключается в глубоком преобразовании в недрах земной коры любых ранее существовавших горных пород.

1.1. Происхождение

Метаморфизация пород происходит, когда они в результате тектонических движений погружаются на большие глубины или вовлекаются в складкообразование, когда в них внедряются расплавленные магматические массы или увеличивается идущий сквозь них из мантии тепловой поток. Эти преобразования происходят путем перекристаллизации вещества и выражаются в изменении минерального, а иногда и химического состава, структуры и текстуры пород. Метаморфизм совершается под влиянием высокой температуры, давления, паров воды, горячих водных растворов и газовых компонентов.

По преобладанию тех или иных факторов в ходе преобразования выделяются следующие основные типы метаморфизма и соответствующие им метаморфические породы (табл. 4.1).

Для того чтобы подчеркнуть специфику исходной породы, к названию некоторых метаморфических пород прибавляют приставку «пара», если они образовались из осадочных пород (например, парасланец), или «орто», если исходная порода была магматической (например, ортогнейс).

Т а б л и ц а 4.1. Классификация метаморфических пород

| Тип метаморфизма | Исходные породы | | Текстура | Название | Минеральный состав | |
|-------------------------------------|---|------------------------------------|---|--|---|---------------------------|
| Региональный | Осадочные | Аргиллиты | Сланцеватая | Аргиллитовые сланцы | Глинистый материал | |
| | | | | Кровельные сланцы | Зерна кварца, слюды (серицита), хлорит, пирит | |
| | | | | Филлиты | Серицит, хлорит, кварц | |
| | | | | Кристаллические сланцы (парасланцы) | Кварц, слюда, хлорит, гранат, графит | |
| | | | | Гнейсы (парагнейсы) | Микроклин, плагиоклаз, слюда, хлорит, кварц, гранат | |
| | Песчаники | Полосчатая, массивная, сланцеватая | Кварциты | Кварц | | |
| | | | Слюдяно-кварцитовые сланцы (парасланцы) | Кварц, слюда | | |
| | | | Гнейсы (парагнейсы) | Микроклин, плагиоклаз, кварц, слюда | | |
| | Кислые и средние (граниты, диориты и др.) | Сланцеватая | Слюдяные сланцы (ортосланцы) | Кварц, слюда | | |
| | | | Полосчатая, массивная | Гнейсы (ортогнейсы) | Микроклин, плагиоклаз, кварц, слюда | |
| | | Магматические | Основные (габбро, базальты) | Сланцеватая | Зеленые сланцы | Хлорит, актинолит, альбит |
| | | | Массивная | Амфиболиты | Роговая обманка, плагиоклаз | |
| Ультраосновные (дуниты, перидотиты) | Сланцеватая | Тальковые сланцы | Тальк | | | |
| | Массивная, полосчатая | Змеевики | Серпентин | | | |
| Контактный | Песчано-глинистые и магматические | Массивная | Роговики | Кварц, биотит, плагиоклаз, амфибол, пироксен | | |
| | Химические карбонатные | | Мраморы | Кальцит, доломит | | |
| Пневматолитовый и гидротермальный | Песчано-глинистые и кислые магматические | Массивная | Грейзены | Кварц, светлая слюда | | |
| | Химические карбонатные | | Скарны | Пироксен, плагиоклаз, гранат, эпидот | | |

1.2. Минеральный состав

В состав метаморфических пород входят две группы минералов: остаточные (минералы исходных магматических или осадочных пород) и сформировавшиеся в результате метаморфизма (метаморфические).

Важно отметить, что присутствуют лишь минералы, устойчивые в условиях высоких температур и давлений. К минералам первой группы относятся кварц, альбит и другие плагиоклазы, микроклин, мусковит, биотит, роговая обманка, авгит, магнетит, гематит, а также один из минералов осадочных пород – кальцит.

Из метаморфических минералов наиболее распространены серицит, хлорит, тальк, серпентин, гранат, графит, актинолит, силлиманит. По химическому составу преобладают минералы силикаты, в меньшей степени представлены окислы и карбонаты. Метаморфические породы могут быть как мономинеральными (мрамор, тальковый сланец), так и полиминеральными (гнейс).

1.3. Структура и текстура

Структура метаморфических пород обычно полнокристаллическая, состоящая из зерен различной крупности. Однако у слабометаморфизированных пород структура может быть скрытокристаллической или некристаллической.

Для метаморфических пород характерна листоватая, чешуйчатая, игольчатая, таблитчатая форма зерен. Текстура метаморфических пород обычно массивная или полосчатая. Часто встречается сланцеватая текстура с параллельным расположением чешуйчатых, таблитчатых минералов. Порода легко раскалывается на тонкие пластинки или плитки с ровными параллельными плоскостями (рис. 4.1).

1.4. Формы залегания метаморфических пород

Форма залегания метаморфических пород определяется формой залегания пород, из которых они образовались. В большинстве случаев формы залегания являются унаследованными от первичных осадочных и магматических пород. Исключение составляют формы залегания контактово-метаморфических горных пород. Они образуют зоны и ореолы вокруг магматических тел.

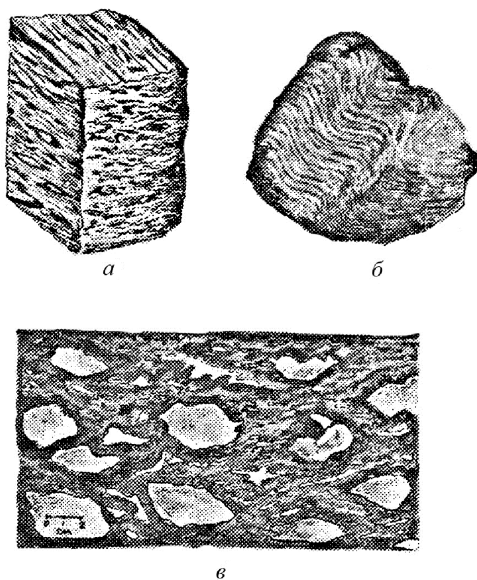


Рис. 4.1. Текстура метаморфических горных пород:
a – сланцеватая; *б* – плойчатая; *в* – очковая

2. Описание пород

Описание коллекции метаморфических пород следует производить по схеме, приведенной в табл. 4.2.

Т а б л и ц а 4.2. Метаморфические горные породы

| Окраска | Структура | Текстура | Минеральный состав | Класс по генезису | Исходная порода | Название породы | Применение в народном хозяйстве | Физико-механические свойства |
|---------|-----------|----------|--------------------|-------------------|-----------------|-----------------|---------------------------------|------------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |

Графы 1–5 таблицы следует заполнять при макроскопическом изучении образцов, а остальные графы – после определения названия породы, руководствуясь ее описанием в тексте. Описание метаморфических горных пород производится в основном по тем же принципам,

что и для пород магматических, но с особым вниманием к текстурным признакам. Определение названия породы производится после заполнения граф 1–5 таблицы путем сопоставления ее данных с характеристиками пород, приведенными в ключе. В нем все породы разделены по текстурным признакам, а внутри каждой группы выделены наиболее характерные свойства (цвет, структура, минеральный состав и т. д.). В процессе диагностики пород во избежание ошибки необходимо внимательно сопоставлять признаки породы с ее описанием.

3. Ключ к определению метаморфических горных пород

Текстура сланцеватая:

а) окраска породы серая, бурая, черная, не пропускает влагу, легко раскалывается на тонкие, ровные плитки – № 1;

б) окраска породы зеленоватая, серая, черная, порода твердая, звенящая при ударе, кварц заметен плохо, слабый шелковистый блеск, структура тонкозернистая – № 2;

в) окраска породы различная, характерен сильный шелковистый блеск, крупные чешуйки – № 3;

г) окраска породы темно-зеленая, шелковистый блеск кристаллов, напоминает роговую обманку, нередок белый плагиоклаз, иногда массивная текстура – № 6.

Текстура массивная:

а) окраска породы серая, желтоватая, розоватая, напоминает гранит, хорошо различимы кварц, полевые шпаты, слюды, очень часто полосчатая текстура – № 4;

б) окраска породы белая, желтоватая, малиновая, блестящий раковистый излом, большая твердость (царапает стекло), иногда сланцеватая текстура – № 5;

в) окраска породы темно-зеленая, серая, черная, структура скрыто-кристаллическая, раковистый излом – № 7;

г) окраска породы белая, серая, розовая, голубая, бурно вскипает при действии соляной кислоты, структура полнокристаллическая – № 8;

д) окраска породы зеленовато-коричневая, вскипает при действии соляной кислоты, присутствует халькопирит, структура от мелко- до крупнозернистой – № 9;

е) окраска породы светло-серая, белая, хорошо различимы кварц, пирит, структура полнокристаллическая – № 10.

4. Описание метаморфических пород

Породы регионального метаморфизма. Регионально-метаморфические преобразования пород возникают при совместном влиянии передвижений материала земной коры на обширных территориях (горообразовательный процесс), давления вышележащих толщ пород и возрастающей с увеличением глубины температуры. Процесс регионального метаморфизма сопровождается перекристаллизацией и новым минералообразованием в условиях расплющивания и пластического течения пород, что приводит к появлению параллельного расположения минеральных частиц.

Различные возможные при метаморфизме комбинации температуры и давления приводят к образованию из одной исходной породы целого ряда производных пород, устойчивых лишь в определенном термодинамическом режиме. Образуются характерные ряды пород, представляющие последовательные этапы преобразования исходной породы.

1. **Кровельный сланец** – очень плотные сланцевые глины низкой степени метаморфизма. Состоит из глинистого материала, мельчайших зерен кварца, слюды (серицита), хлорита, пирита, углистых частиц. **Окраска** унаследована от исходной глинистой породы. **Структура** породы тонкозернистая, **текстура** сланцеватая. Порода ранее широко использовалась как кровельный материал, в настоящее время ее хозяйственное значение утрачено.

2. **Филлит** – твердые, звенящие при ударе, скрыточешуйчатые тонкосланцеватые породы, напоминающие глинистые сланцы, от которых отличаются отсутствием глинистых минералов. Основная масса породы сложена тонколистовой слюдой и мелкозернистым кварцем. В качестве второстепенных минералов встречаются хлорит, гранат, магнетит и др. Характеризуются шелковистым мерцающим блеском; обычно это светло-серые, иногда даже темные породы, имеющие тонкозернистую **структуру** и тонкосланцеватую **текстуру**. Филлиты являются переходными породами между глинистыми и слюдяными сланцами. Образуются они из глинистых сланцев путем более глубокой их метаморфизации. Филлиты используются как строительный материал.

3. **Кристаллический сланец.** Большая группа преобразованных пород – наиболее распространенные породы средней и высокой степени регионального метаморфизма. Имеют среднюю или крупночешуйчатую **структуру** и отчетливо сланцеватую **текстуру**. Типичными

минералами являются кварц, слюда, хлорит, актинолит, тремолит, гранат и др. В зависимости от состава исходных глин и температурного режима образуется много разновидностей кристаллических сланцев, например, хлоритовые, биотитовые и т. д. Самыми распространенными из них являются слюдяные сланцы (мусковитовые, биотитовые, мусковит-биотитовые). Среди кристаллических сланцев преобладают пара-породы. Сланцы в значительной степени подвержены физическому и химическому выветриванию. Причиной этого является сланцеватая текстура, способствующая растрескиванию пород и легкому проникновению по трещинам агентов выветривания. Это ограничивает их применение в строительстве.

4. **Гнейс** принадлежит к породам средней и высокой степени метаморфизма. Порода сложена в основном кварцем и полевыми шпатами (микроклином, плагиоклазом), присутствуют биотит, мусковит, иногда амфиболы и пироксены. **Окраска** пород серая, желтоватая, розоватая. По составу и строению гнейсы близки к средним и кислым интрузивным породам, от которых они отличаются параллельным расположением минералов. В зависимости от исходных пород гнейсы подразделяются на ортогнейсы и парагнейсы. **Структура** породы полнокристаллическая, зернистая. **Текстура** массивная, полосчатая, реже сланцеватая. Плотность гнейсов – $2,6-2,7 \text{ г/см}^3$, объемная масса – $2,6 \text{ г/см}^3$, временное сопротивление сжатию – $800-2000 \text{ кг/см}^2$. Гнейсы сравнительно легко выветриваются. Применяются как строительный и облицовочный материал.

5. **Кварцит** состоит преимущественно из кварца. Образуется при перекристаллизации кварцевых песков и песчаников. **Окраска** породы белая, светло-серая, красновато-бурая, малиновая. Нередко блестящий, раковистый излом. Царапает стекло. **Структура** породы полнокристаллическая, мелкозернистая. **Текстура** массивная, иногда сланцеватая. Плотность кварцитов – $2,7 \text{ г/см}^3$, объемная масса – $2,6-2,7 \text{ г/см}^3$, временное сопротивление сжатию – $1000-2500 \text{ кг/см}^2$. Очень прочные, устойчивые к выветриванию породы. Применяются как облицовочный материал, для покрытия автодорог, как заполнитель для бетонов и для производства высокоогнеупорного кирпича.

6. **Амфиболит** состоит в основном из роговой обманки и плагиоклаза. **Окраска** породы темно-зеленая, черная. Образуется в результате метаморфизма габбро и базальта. Шелковистый блеск кристаллов. **Структура** породы полнокристаллическая, зернистая, **текстура** массивная, сланцеватая. Амфиболиты сравнительно легко выветриваются.

В народном хозяйстве применяются как местный материал для изготовления строительного щебня.

Породы контактового метаморфизма. Контактный метаморфизм происходит на контакте внедрившейся магмы с вмещающими ее породами. Выражается преимущественно в интенсивной перекристаллизации пород, протекающей под действием высокой температуры, без заметного участия давления.

7. **Роговик** – наиболее распространенная порода средней и высокой степени контактового метаморфизма преимущественно осадочных пород. Состоит в основном из кварца, биотита, часто присутствуют полевые шпаты, гранат, амфибол, пироксен и другие минералы. **Окраска** серая, темно-зеленая, черная. **Структура** породы скрытокристаллическая, мелкозернистая. **Текстура** массивная. В силу структурных особенностей роговики очень устойчивы к выветриванию. Могут применяться как местный строительный материал.

8. **Мрамор** – белая или светло-желтая, реже яркоокрашенная порода, состоящая из зерен кальцита, реже доломита. Образуется при перекристаллизации карбонатных осадков, причем белые просвечивающие разности образуются из чистых известняков, а окрашенные – из мергелистых осадков. Мраморы сравнительно мягки (твердость 3–4), бурно вскипают с разбавленной соляной кислотой. **Структура** породы полнокристаллическая, средне-, крупно-, мелкозернистая. **Текстура** массивная. В зоне выветривания мраморы подвержены растворению поверхностными и подземными углекислыми водами. Плотность мраморов – 2,6–2,8 г/см³, объемная масса – 2,4–2,7 г/см³, предел прочности при сжатии – 400–1500 кг/см². Они широко применяются при внутренней и внешней отделке зданий, как строительный камень и хороший скульптурный материал.

Породы пневматолитового и гидротермального метаморфизма. Горные породы подвергаются изменениям под воздействием горячих водных растворов и газов, поднимающихся из остывающего магматического очага. Продуктом этого типа метаморфизма являются скарны и грейзены.

9. **Скарн** состоит из граната, пироксена, плагиоклаза, эпидота, карбоната, рудных минералов. **Окраска** разнообразная. Образуется при метаморфизме химических карбонатных пород, реже интрузивных пород. **Структура** породы полнокристаллическая, зернистая. **Текстура** массивная.

10. **Грейзен** состоит в основном из кварца, светлой слюды (мусковита), встречается пирит и другие рудные минералы. **Окраска** породы белая, светло-серая. Образуется за счет песчано-глинистых и кислых магматических пород. **Структура** полнокристаллическая, зернистая, **текстура** массивная.

5. Изучение пород

При изучении метаморфических пород следует уяснить, что они есть продукты сложных процессов преобразования вещества в недрах земли. Работая с образцами, необходимо усвоить сущность процессов метаморфизма и типы пород, запомнить их внешний облик, изучить практическое значение и физико-механические свойства.

Вопросы для самоконтроля

1. Какой геологический процесс называется метаморфизмом?
2. Что понимается под термином «региональный метаморфизм»?
3. Что такое контактовый, пневматолитовый и гидротермальный типы метаморфизма?
4. Какие факторы являются ведущими для разных типов метаморфизма?
5. Как классифицируются метаморфические породы?
6. Каковы особенности минерального состава метаморфических пород?
7. Структуры и текстуры метаморфических пород.
8. Особенности форм залегания метаморфических пород.
9. Чем отличаются гнейсы от гранитов?
10. В чем отличие ортогнейсов от парагнейсов?
11. Роль метаморфических пород в строении земной коры.
12. Практическое значение метаморфических пород.

Лабораторная работа 5. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКОГО СОСТАВА ПЕСЧАНОГО ГРУНТА

Цель работы: 1. Выполнить гранулометрический анализ песчаного грунта. 2. Определить название песчаного грунта. 3. Результаты анализа представить в виде кумулятивной кривой гранулометрического состава. 4. Определить характеристики гранулометрического состава:

действующий диаметр d_{10} , диаметр шестидесяти d_{60} и коэффициент неоднородности K_n .

Материалы: проба песчаного грунта в воздушно-сухом состоянии, технические весы по ГОСТ 24104, фарфоровая ступка с пестиком по ГОСТ 9147, стандартный комплект сит с размером отверстий 10; 5; 2; 1; 0,5; 0,25; 0,1 мм, фарфоровые чашки по ГОСТ 9147, груша резиновая, кисточка, песчаная баня, шкаф сушильный.

1. Общие сведения

Гранулометрический (зерновой) состав грунта определяют по массовому содержанию в нем частиц различной крупности, выраженному в процентах по отношению к массе сухой пробы грунта, взятой для анализа.

Отбор образцов грунта для определения гранулометрического состава проводят по ГОСТ 12071. Гигроскопическую влажность определяют по ГОСТ 5180. Гранулометрический состав грунтов определяют методами, указанными в табл. 5.1.

Т а б л и ц а 5.1. Методы определения гранулометрического состава грунтов (по ГОСТ 12536-2014)

| Наименование грунтов | Размер фракции грунта, мм | Метод определения | Разновидность метода определения |
|--|---------------------------|---|---|
| Песчаные, при выделении зерен песка крупностью | От 10 до 0,5 | Гранулометрический | Ситовый без промывки водой |
| | От 10 до 0,1 | | Ситовый с промывкой водой |
| Глинистые | Менее 0,1 | Гранулометрический | Ареометрический |
| | Менее 0,1 | Гранулометрический и микроагрегатный состав | Пипеточный (применяется только для специальных целей, предусмотренных заданием) |

Пробы грунта при разделении их на фракции подготавливают растиранием грунта и растиранием с промывкой водой.

При определении гранулометрического состава грунтов ситовым методом с промывкой водой применяют водопроводную или профильтрованную дождевую (речную) воду.

Взвешивание проб грунта на технических весах следует проводить с погрешностью до 0,01 г, а при массе проб грунта 1000 г и более взвешивание допускается проводить с погрешностью до 1 г. Взвешивание на аналитических весах должно проводиться с погрешностью до

0,001 г. Результаты вычисления гранулометрического состава грунтов следует определять с погрешностью до 0,1 %.

Среднюю пробу для анализа следует отбирать методом квартования по ГОСТ 8735, для чего перемешанный грунт рассыпают тонким слоем и делят двумя взаимно перпендикулярными линиями на четыре примерно равные части (квадранты); два противоположных по диагонали квадранта удаляют, а два других оставляют в качестве пробы. Так поступают до тех пор, пока не останется необходимый для анализа объем грунта. Массу средней пробы принимают в соответствии с табл. 5.2.

Т а б л и ц а 5.2. Минимальная масса образца, необходимая для просеивания, в зависимости от вида грунта (по ГОСТ 12536-2014)

| Диаметр частиц d_{90} , мм | Вид грунта | Масса образца, необходимая для просеивания, г |
|------------------------------|--|---|
| Свыше 10 | Гравий (дресва) | 2000 |
| 5 | | |
| Свыше 2 | | |
| 1 | С содержанием песчаных частиц | 100 |
| Свыше 0,5 | | |
| 0,25 | С содержанием пылеватых и глинистых частиц | 50 |
| До 0,1 | | |

При выделении частиц крупностью от 10 до 0,5 мм гранулометрический состав определяется ситовым методом без промывки водой; при выделении частиц крупностью от 10 до 0,1 мм – с промывкой водой (обычно для глинистых песков).

2. Порядок испытаний

2.1. Разделение грунта на фракции без промывки водой

Доводят грунт до воздушно-сухого состояния, растирают комки в фарфоровой ступке пестиком с резиновым наконечником. Отбирают среднюю пробу грунта m_1 методом квартования по ГОСТ 8735 и взвешивают на весах в соответствии с табл. 5.2.

Сита монтируют в колонку, размещая их от поддона в порядке увеличения размера отверстий. На верхнее сито надевают крышку. Отобранную пробу переносят на верхнее сито первого набора (диаметром отверстий от 10 до 0,5 мм), закрывают крышкой и просеивают с помощью легких боковых ударов ладонями рук до полной сортировки

грунта. При просеивании пробы массой более 1000 г грунт следует высыпать в верхнее сито в два приема. Фракции грунта, задержавшиеся на ситах, высыпают, начиная с верхнего сита, в ступку и дополнительно растирают пестиком с резиновым наконечником, после чего вновь просеивают на тех же ситах.

Полноту просеивания фракций грунта проверяют встряхиванием каждого сита над листом бумаги. Если при этом на лист выпадают частицы, то их высыпают на следующее сито; просев продолжают до тех пор, пока частицы не перестанут выпадать на бумагу.

Фракции грунта, задержавшиеся после просеивания на каждом сите и прошедшие в поддон, необходимо взвесить ($m_{\text{ф}}$) и суммировать массы всех фракций грунта. Если полученная сумма масс всех фракций грунта отличается более чем на 1 % от массы взятой для анализа пробы, то анализ следует повторить. Потерю грунта при просеивании разносят по всем фракциям пропорционально их массе.

2.2. Разделение грунта на фракции с промывкой водой

Доводят грунт до воздушно-сухого состояния, растирают комки в фарфоровой ступке пестиком с резиновым наконечником. Отбирают среднюю пробу грунта m_1 методом квартования по ГОСТ 8735 и взвешивают на весах в соответствии с табл. 5.2.

Навеску помещают в фарфоровую ступку, смачивают водой и тщательно растирают пестиком с резиновым наконечником. Затем навеску частями переносят на сито диаметром отверстий 0,1 мм и отмучивают под струей воды. Отмучивание продолжается до тех пор, пока из сита не будет вытекать прозрачная вода. Оставшиеся на сите промытые частицы количественно переносят в заранее взвешенную фарфоровую чашку, выпаривают на песчаной бане и высушивают в сушильном шкафу при (105 ± 5) °С. Взвешивают чашку с грунтом.

Массу частиц грунта размером менее 0,1 мм следует определять по разности между весом средней пробы, взятой для анализа, и весом высушенной пробы грунта после промывки.

Грунт следует просеять сквозь набор сит. Стандартный комплект сит должен состоять из семи сит: с круглыми штамповыми отверстиями диаметром 10; 5; 2; 1 мм и трех сит из медной или латунной сетки простого плетения с отверстиями квадратной формы размером 0,5; 0,25; 0,1 мм. Полноту просеивания фракций грунта проверяют встряхиванием каждого сита над листом бумаги. Если при этом на лист вы-

падают частицы, то их высыпают на следующее сито; просев продолжают до тех пор, пока частицы не перестанут выпадать на бумагу.

Каждую фракцию грунта, задержавшуюся на ситах, следует взвесить отдельно (m_{ϕ}). Потерю грунта при просеивании разносят по фракциям пропорционально их массе.

2.3. Обработка результатов

Содержание в грунте каждой фракции (А), %, следует вычислять по формуле

$$A = \frac{m_{\phi}}{m_1} 100, \quad (5.1)$$

где m_{ϕ} – масса данной фракции грунта, г;

m_1 – масса средней пробы грунта, взятой для анализа, г.

Результаты анализа заносят в табл. 5.3, в которой указывают процентное содержание в грунте фракций:

а) размером более 10; 10–5; 5–2; 2–1; 1–0,5 и менее 0,5 мм – при разделении грунта без промывки водой;

б) размером более 10; 10–5; 5–2; 2–1; 1–0,5; 0,5–0,25; 0,25–0,1 и менее 0,1 мм – при разделении грунта с промывкой водой.

Результаты анализа сопровождаются указанием метода определения.

Т а б л и ц а 5.3. Журнал лабораторного определения гранулометрического состава грунта

| Показатель | Ситовый анализ без промывки водой | | | | | Ситовый анализ с промывкой водой | | | |
|-------------------------|-----------------------------------|------|-----|-----|-------|----------------------------------|----------|----------|-----------|
| | Фракция грунта, мм | | | | | | | | |
| | Более 10 | 10–5 | 5–2 | 2–1 | 1–0,5 | Менее 0,5 | 0,5–0,25 | 0,25–0,1 | Менее 0,1 |
| Масса пробы грунта, г | | | | | | | | | |
| Масса фракции грунта, г | | | | | | | | | |
| Содержание фракции, % | | | | | | | | | |

По данным табл. 5.3 определяют совокупность фракций грунта и результаты заносят в табл. 5.4.

Таблица 5.4. Характеристика гранулометрического состава грунта

| Ситовый анализ без промывки водой | | | | | | | | |
|-----------------------------------|--------------------|------|-----|-----|-----|-------|--------|-------|
| Показатель | Фракция грунта, мм | | | | | | | |
| | >10 | 0–10 | 0–5 | 0–2 | 0–1 | 0–0,5 | | |
| Масса фракции грунта, г | | | | | | | | |
| Содержание фракции, % | | | | | | | | |
| Ситовый анализ с промывкой водой | | | | | | | | |
| Показатель | Фракция грунта, мм | | | | | | | |
| | >10 | 0–10 | 0–5 | 0–2 | 0–1 | 0–0,5 | 0–0,25 | 0–0,1 |
| Масса фракции грунта, г | | | | | | | | |
| Содержание фракции, % | | | | | | | | |

По данным гранулометрического состава на основе классификации (СТБ 943-2007) песчаных грунтов определяется наименование грунта:

гравелистый – масса частиц крупнее 2 мм более 25 %;

крупный – масса частиц крупнее 0,5 мм более 50 %;

средний – масса частиц крупнее 0,25 мм более 50 %;

мелкий – масса частиц крупнее 0,1 мм 75 % и более;

пылеватый – масса частиц крупнее 0,1 мм менее 75 %.

Для определения наименования грунта в убывающем порядке (от крупных частиц к мелким) суммируются проценты содержания частиц исследуемого грунта и сравниваются с приведенными выше. Наименование грунта дается по первому удовлетворяющему показателю.

Результаты гранулометрического анализа изображаются в виде кумулятивной (интегральной) кривой, построенной в полулогарифмическом масштабе (рис. 5.1).

По графику гранулометрического состава определяются действующий диаметр d_{10} , диаметр шестидесяти d_{60} и коэффициент неоднородности грунта K_n .

Действующий диаметр – диаметр частиц, меньше которых в грунте содержится (по массе) 10 %.

Коэффициент неоднородности (K_n) показывает степень грунта и определяется по формуле

$$K_n = \frac{d_{60}}{d_{10}}. \quad (5.2)$$

Если $K_n > 3$ для песчаных грунтов и $K_n > 5$ для глинистых грунтов, то они считаются неоднородными.

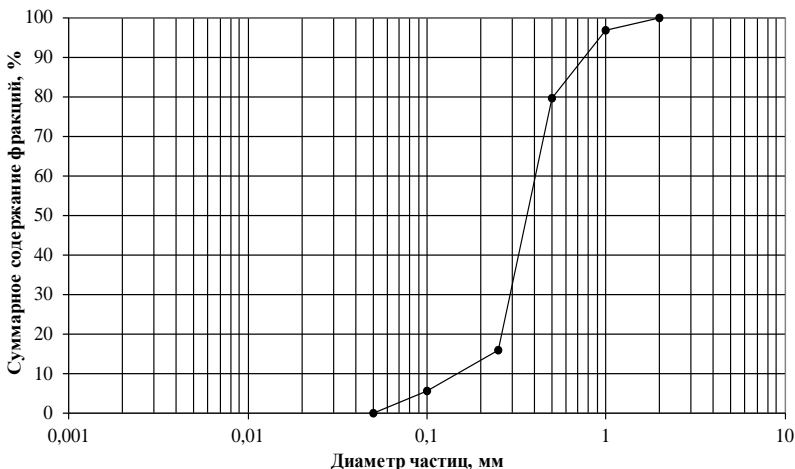


Рис. 5.1. Кумулятивная (интегральная) кривая гранулометрического состава песчаного грунта в полулогарифмическом масштабе

Вопросы для самоконтроля

1. Что понимается под гранулометрическим составом грунта?
2. Практическое значение данных о гранулометрическом составе грунта.
3. В чем заключается ситовый метод определения гранулометрического состава песчаного грунта?
4. Каков порядок испытаний песчаного грунта ситовым методом?
5. Как производится контроль результатов гранулометрического анализа?
6. Что такое суммарное содержание фракций и как оно определяется?
7. Как определяется наименование песчаного грунта?
8. Как строится кумулятивная кривая гранулометрического состава? Ее практическое значение.
9. Что такое действующий диаметр d_{10} , диаметр шестидесяти d_{60} , коэффициент неоднородности K_n ? Их определение.
10. На основании чего можно судить о степени однородности песчаного грунта?

Лабораторная работа 6. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОРИСТОСТИ ПЕСЧАНОГО ГРУНТА

Цель работы: 1. Определить плотность песчаного грунта. 2. Определить плотность скелета песчаного грунта в плотном и рыхлом сложении. 3. Рассчитать пористость и коэффициент пористости песчаного грунта в плотном и рыхлом сложении.

Материалы: проба песчаного грунта в воздушно-сухом состоянии, мерные сосуды, сита с отверстиями 2 и 5 мм, ступка с пестиком, термометр с ценой деления 0,5 °С, технические весы, пикнометр, песчаная баня, разрыхлитель, дистиллированная вода, стеклянная воронка.

1. Общие сведения

Пористость – наличие в породе пустот (полостей небольших размеров), определяется как отношение объема пор (V_n) к объему породы (V):

$$n = \frac{V_n}{V} 100 . \quad (6.1)$$

Происхождение пустот в породах может быть различно. Первичные пустоты образуются при формировании горных пород. В магматических породах тонкие трещины возникают при остывании магмы, в осадочных породах пустоты остаются после превращения пористых осадков в породы. Вторичные пустоты в породах образуются при тектонических движениях, выветривании, растворении и выщелачивании части горных пород. Первичные и вторичные пустоты могут быть как изолированными, так и сообщающимися между собой. Это оказывает большое влияние на свойства грунтов (водопроницаемость, воздухопроницаемость, морозостойкость и др.). Наименьшей пористостью обладают обычно магматические, метаморфические и плотные осадочные породы.

Пористость пород может существенно различаться, для осадочных пород она колеблется от нескольких процентов до 60 %. Глинистые породы имеют весьма незначительные поры, и при насыщении водой происходит их интенсивное набухание, что может привести к существенному сужению ствола скважины и вызвать осложнения при бурении. Магматические породы имеют небольшую пористость (от долей процента до нескольких процентов), лишь эффузивные породы имеют

высокую пористость (до 60 %). Чем выше пористость пород, тем меньше их прочность.

Пористость также характеризуется коэффициентом пористости.

Коэффициент пористости породы (e) – отношение объема пор (V_n) к объему ее твердой части (V_s):

$$e = \frac{V_n}{V_s}. \quad (6.2)$$

Пористость и коэффициент пористости связаны между собой следующими соотношениями:

$$n = \frac{e}{1 + e}; \quad (6.3)$$

$$e = \frac{n}{1 - n}, \quad (6.4)$$

где n – пористость в долях единицы.

Показатели n и e грунта являются очень важными при его оценке как основания сооружений. В зависимости от коэффициента пористости устанавливаются расчетные характеристики песчаных и глинистых грунтов.

Пористость большинства грунтов определяется расчетом. Лабораторные методы часто оказываются непригодными в связи с тем, что при заполнении пор водой некоторые породы набухают и значение естественной пористости искажается.

Пористость пород обычно вычисляется по плотности частиц, плотности скелета и влажности. Точность вычисления зависит от точности определения этих величин в лаборатории:

$$n = 1 - \frac{\rho_d}{\rho_s}, \quad (6.5)$$

где ρ_d – плотность скелета породы (грунта), г/см³;

ρ_s – плотность частиц породы (грунта), г/см³.

Таким образом, для расчета пористости грунта необходимо лабораторное определение его характеристик ρ_s и ρ_d .

2. Определение плотности твердых частиц песчаного грунта

Плотность твердых частиц (ρ_s) породы – отношение массы твердых частиц (m_s) к объему частиц породы (V_s):

$$\rho_s = \frac{m_s}{V_s}. \quad (6.6)$$

Определяется как отношение массы частиц к объему вытесненной ими жидкости. При этом для удаления адсорбированного воздуха и расчленения агрегатов грунт с водой (суспензию) кипятят не менее 30 минут для песков и супесей и в течение 1 часа для суглинков и глин.

Определение плотности твердых частиц начинается с подготовки образца, которое ведется в следующей последовательности:

а) размельчение образца воздушно-сухого грунта в фарфоровой ступке резиновым пестиком;

б) отбор средней пробы массой 100–200 г методом квартования (см. работу 5);

в) просеивание пробы через сито с отверстиями 2 мм (остаток на сите дробится и соединяется с основной массой);

г) отбор из перемешанного грунта навесок на два пикнометра из расчета 15–20 г на 100 см³ объема пикнометра.

Далее взвешивают хорошо высушенные пикнометры и через воронку насыпают испытываемый грунт.

В пикнометры примерно на половину емкости доливают дистиллированную воду, взбалтывают суспензию и кипятят, не допуская разбрызгивания в течение 30 минут. Время исчисляется с момента закипания.

Доливают пикнометры до мерной черты дистиллированной водой и охлаждают их в ванне с водой до комнатной температуры (20 °С). Пикнометр с суспензией протирают и взвешивают с точностью до 0,01 г.

Выливают из пикнометра суспензию, тщательно ополаскивают и наливают в него дистиллированную воду, выдержанную при той же температуре, при которой взвешивался пикнометр с суспензией. Пикнометр с дистиллированной водой взвешивают. Все данные заносят в табл. 6.1.

Т а б л и ц а 6.1. **Определение плотности твердых частиц песчаного грунта**

| № пикноно-метра | Масса воздушно-сухого грунта m_1 , г | Гигроскопическая влажность W_r , % | Масса грунта с поправкой на гигроскопическую воду m_0 , г | Масса пикнометра | | Плотность твердых частиц грунта, г/см ³ | Среднее значение плотности твердых частиц грунта, г/см ³ |
|-----------------|--|--------------------------------------|---|-----------------------------|-------------------|--|---|
| | | | | с грунтом и водой m_2 , г | с водой m_3 , г | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |

Величину плотности твердых частиц грунта определяют по формуле

$$\rho_s = \frac{m_0 \rho_w}{m_0 + m_3 - m_2}, \quad (6.7)$$

где m_0 – масса грунта с поправкой на гигроскопическую воду, г;

$$m_0 = \frac{m_1}{1 + 0,01W_r}, \quad (6.8)$$

m_1 – масса грунта в воздушно-сухом состоянии, г;

W_r – гигроскопическая влажность, % (для данного грунта рекомендуется принять по результатам предварительных испытаний $W_e = 2,5$ %);

m_2 – масса пикнометра с водой и грунтом, г;

m_3 – масса пикнометра с водой, г;

ρ_w – плотность воды, равная 1 г/см^3 .

Гигроскопическая влажность – влажность грунта в воздушно-сухом состоянии, т. е. в состоянии равновесия с влажностью и температурой окружающего воздуха.

Определение плотности одной пробы производят дважды (используют два пикнометра). В качестве показателя плотности используют среднее значение. Допустимая разница в значениях единичных определений – не более $0,02 \text{ г/см}^3$.

3. Определение плотности скелета песчаного грунта в рыхлом и плотном сложении

Плотность скелета породы (ρ_d) – отношение массы твердых частиц (m_s) к объему породы (V):

$$\rho_d = \frac{m_s}{V} \quad (6.9)$$

или

$$\rho_d = \frac{\rho_w}{W + \frac{\rho_w}{\rho_s}} = \frac{\rho}{1 + 0,01 \cdot W}, \quad (6.10)$$

где ρ – плотность породы, г/см^3 ;

W – влажность породы в долях единицы.

Плотность породы (ρ) – масса единицы объема породы при данной пористости и влажности

$$\rho = \rho_d (W + 1). \quad (6.11)$$

Влажность породы характеризует содержание воды в горных породах. Вода в породах, как правило, влияет на различные свойства и прежде всего на прочность или сжимаемость. Особенно большое значение содержание воды имеет для пород, растворимых в воде, и глинистых.

Массовая влажность (W) равна отношению массы воды (m_b) в породе к постоянной массе породы m_c , высушенной при температуре 100–105 °С:

$$W = \frac{m_b}{m_c} 100. \quad (6.12)$$

Определение плотности скелета песчаного грунта начинается с просеивания его в воздушно-сухом состоянии через сито с отверстиями 5 мм. Включения крупнее 5 мм удаляются.

Мерный цилиндр взвешивают с точностью до 0,01 г и в него опускают разрыхлитель, представляющий собой проволочную спираль, в центре которой имеется стержень. В цилиндр через воронку небольшой струей насыпают песок. После этого разрыхлитель, медленно вращая, вынимают из цилиндра.

Количество насыпанного песка должно доходить до метки, устанавливающей объем образца (объем образца рекомендуется принимать равным 100 см³). Цилиндр с песком взвешивают с точностью до 0,01 г и определяют массу песка, заполнившего данный объем:

$$m_r = m_{цг} - m_{ц}, \quad (6.13)$$

где $m_{цг}$ – масса цилиндра с грунтом, г;

$m_{ц}$ – масса цилиндра, г.

Плотность скелета песка в рыхлом сложении определяется по формуле

$$\rho_{d \min} = \frac{m_{гп}}{V}, \quad (6.14)$$

где $m_{гп}$ – масса песка при рыхлом сложении, г;

V – объем цилиндра, занятого песком, см³.

Для определения плотности скелета песка в плотном сложении песок в цилиндр высыпают небольшими порциями, постоянно уплотняя путем постукивания по стенкам и дну цилиндра деревянной или резиновой трамбовкой. Заполненный до метки цилиндр взвешивают с точностью до 0,01 г. Плотность скелета песка в плотном сложении определяется по формуле

$$\rho_{d \max} = \frac{m_{\text{гп}}}{V}, \quad (6.15)$$

где $m_{\text{гп}}$ – масса песка при плотном сложении, г.

Опыт в обоих случаях повторяют не менее трех раз и вычисляют среднее арифметическое значение минимальной и максимальной плотностей скелета песка. Результаты опытов заносят в табл. 6.2.

Т а б л и ц а 6.2. **Определение плотности скелета песчаного грунта**

| Номер опыта и состояние грунта | Масса, г | | | Объем образ-ца, см ³ | Плотность скелета грунта, г/см ³ | Среднее значение плотности скелета грунта, г/см ³ |
|--------------------------------|----------|--------------------|--------|---------------------------------|---|--|
| | цилиндра | цилиндра с грунтом | грунта | | | |
| В рыхлом сложении | | | | | | |
| В плотном сложении | | | | | | |

4. Определение пористости песчаного грунта в рыхлом и плотном сложении

Используя результаты определения плотности твердых частиц и плотности скелета грунта, пористость песчаного грунта рассчитывают по формуле (6.5). Коэффициент пористости определяется по формуле (6.4). Расчет производится дважды, т. е. используются значения плотности скелета песчаного грунта в рыхлом и плотном сложении. Расчеты по определению максимальных и минимальных пористости и коэффициента пористости сводят в табл. 6.3.

Т а б л и ц а 6.3. **Определение пористости песчаного грунта**

| Плотность твердых частиц грунта, г/см ³ | Плотность скелета грунта, г/см ³ | | Пористость грунта | | Коэффициент пористости грунта | |
|--|---|---------------------|--------------------|---------------------|-------------------------------|---------------------|
| | в рыхлом состоянии | в плотном состоянии | в рыхлом состоянии | в плотном состоянии | в рыхлом состоянии | в плотном состоянии |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| | | | | | | |
| | | | | | | |

Вопросы для самоконтроля

1. Что такое пористость и коэффициент пористости грунта? Их практическое значение.
2. Привести расчетные формулы для определения пористости и коэффициента пористости, пояснить величины, входящие в них.
3. Что такое плотность твердых частиц грунта?
4. Каков порядок испытаний при определении плотности твердых частиц песчаного грунта?
5. Привести расчетную формулу для определения плотности твердых частиц грунта, пояснить величины, входящие в нее.
6. Что такое гигроскопическая влажность грунта?
7. Дать определение плотности скелета грунта, пояснить ее практическое значение.
8. Что такое плотность скелета грунта? При каких сложениях песчаного грунта она определяется?
9. Какова последовательность испытаний при определении плотности скелета песчаного грунта в рыхлом сложении?
10. Какова последовательность испытаний при определении плотности скелета песчаного грунта в плотном сложении?

Лабораторная работа 7. ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ФИЛЬТРАЦИИ ПЕСЧАНОГО ГРУНТА

Цель работы: 1. Рассчитать коэффициент фильтрации песчаного грунта по эмпирическим формулам при плотном и рыхлом сложении и $t = 10^\circ\text{C}$. 2. Определить коэффициент фильтрации песчаного грунта с помощью трубки Каменского и привести его к $t = 10^\circ\text{C}$. 3. Определить коэффициент фильтрации с помощью прибора КФ-01 и привести его к $t = 10^\circ\text{C}$. 4. Сопоставить данные определения коэффициента фильтрации расчетным методом с результатами лабораторных испытаний.

Материалы: кумулятивная кривая гранулометрического состава песчаного грунта, микрокалькулятор, рабочая тетрадь, трубка Каменского, прибор КФ-01, батарейный стакан, штатив, секундомер, термометр, трамбовка, проба песчаного грунта, вода, проба гравия.

1. Общие сведения

Водопроницаемостью грунтов называют способность их пропускать сквозь себя воду. Вода в порах грунтов может передвигаться под влиянием ряда причин: силы тяжести, внешнего давления, капилляр-

ных сил, адсорбционных сил, развивающихся на поверхности раздела твердых частиц и воды, промерзания породы, давления газов и др. При инженерно-геологических и гидрогеологических исследованиях чаще всего практический интерес представляет передвижение воды под влиянием силы тяжести и разности напоров.

Численно водопроницаемость характеризуется так называемым коэффициентом фильтрации K .

Коэффициент фильтрации представляет собой скорость фильтрации (V) при градиенте напора (I), равном единице:

$$V = K \cdot I . \quad (7.1)$$

Выражают коэффициент фильтрации обычно в сантиметрах в секунду или в метрах в сутки. Коэффициент фильтрации используется при подсчете запасов подземных вод, определении притока в строительные котлованы, горные выработки и водозаборные скважины, при расчете утечек воды из водохранилищ, проектировании дренажей и в других случаях.

Для определения коэффициента фильтрации грунтов существуют три группы методов:

1) *полевые* – при помощи опытных гидрогеологических работ (откачек, наливов и др.);

2) *лабораторные* – на приборах различной конструкции;

3) *расчетные* – по эмпирическим формулам с использованием данных гранулометрического состава и пористости грунта.

Наиболее полную характеристику водопроницаемости грунта дают полевые опытные работы. Лабораторные методы определения коэффициента фильтрации характеризуют водопроницаемость отдельных точек водоносного горизонта. Определение коэффициента фильтрации по данным гранулометрического состава и пористости грунта является приближенным и применяется только для песков.

2. Определение коэффициента фильтрации по эмпирическим формулам

Опытными работами установлена зависимость коэффициента фильтрации от механического состава породы, ее пористости и фильтрующейся через нее воды. Определение коэффициента фильтрации горных пород по гранулометрическому составу является самым дешевым и простым методом, дающим достаточно удовлетворительную характеристику водопроницаемости некоторых их разновидностей.

Эмпирические формулы чаще применяются при гидрогеологических изысканиях для начальных стадий проектирования, когда необходимо дать общую гидрогеологическую характеристику значительной площади со сравнительной оценкой отдельных участков.

При детальных исследованиях этот способ является дополнительным к полевым методам. Его следует особенно широко применять при детальной разведке месторождений полезных ископаемых, источников водоснабжения, участков гидротехнического строительства, когда требуется определить водопроницаемость пород, залегающих на большой площади, тогда как детальное изучение его опытными откачками практически невозможно.

Приведенные ниже эмпирические формулы основаны на данных гранулометрического состава и пористости грунтов без учета структуры грунта и физико-химических процессов, происходящих в грунте при фильтрации воды через него, поэтому они могут применяться лишь для песчаных грунтов. Использование этих формул для определения водопроницаемости связных суглинистых грунтов, так же как для гравелистых и галечниковых пород, не может быть рекомендовано.

Для песков разного состава лучшие результаты дает формула И. И. Заурбрея. Для глинистых песков и супесей можно пользоваться формулой Крюгера. Формулы Крюгера, Замарина и Цункера чаще дают заниженные значения коэффициента фильтрации по сравнению с определенными в полевых условиях, причем это занижение бывает меньшим для глинистых песков.

Формула Хазена применима для песков, действующий диаметр которых колеблется в пределах от 0,1 до 3 мм и коэффициент неоднородности меньше пяти.

Формула Хазена имеет следующий вид:

$$K = C \cdot d_{10}^2 (0,7 + 0,03 \cdot t), \quad (7.2)$$

где d_{10} – действующий диаметр частиц (диаметр, меньше которого в грунте содержится 10 % частиц по массе);

t – температура фильтрующейся воды;

C – эмпирический коэффициент чистоты и однородности песков, вычисляемый по формуле О. К. Ланге, в зависимости от пористости.

$$C = 400 + 40(n - 26), \quad (7.3)$$

где n – пористость грунта, %.

Формула Слехтера применима для песков с действующим диаметром от 0,01 до 5 мм.

Формула Сликтера для определения коэффициента фильтрации при температуре 0 °С имеет следующий вид:

$$K = 496 \cdot M \cdot d_{10}^2, \quad (7.4)$$

где M – коэффициент, зависящий от пористости и определяемый по табл. 7.1.

Таблица 7.1. Зависимость коэффициента M от пористости

| Пористость $n, \%$ | M | Пористость $n, \%$ | M |
|-----------------------|--------|-----------------------|--------|
| 26 | 0,1187 | 37 | 0,3808 |
| 27 | 0,1350 | 38 | 0,4154 |
| 28 | 0,1517 | 39 | 0,4524 |
| 29 | 0,1684 | 40 | 0,4922 |
| 30 | 0,1905 | 41 | 0,5339 |
| 31 | 0,2122 | 42 | 0,5789 |
| 32 | 0,2356 | 43 | 0,6267 |
| 33 | 0,2601 | 44 | 0,6776 |
| 34 | 0,2878 | 45 | 0,7295 |
| 35 | 0,3163 | 46 | 0,7838 |
| 36 | 0,3473 | 47 | 0,8456 |

Для приведения найденного K к температуре опыта, необходимо умножить данное значение на величину температурной поправки Пуазейля:

$$\tau = 1 + 0,0337 \cdot t + 0,000221 \cdot t^2. \quad (7.5)$$

Формула Крюгера при температуре фильтрующейся воды 10 °С выглядит следующим образом:

$$K_{10} = 322 \frac{n}{(1-n)^2} d_q^2, \quad (7.6)$$

где n – пористость грунта в долях единицы;

d_q – действующий диаметр, см; определяется по формуле Крюгера.

$$d_q = \frac{100}{\sum_1^N \frac{g_i}{d_{cp.i}}}, \quad (7.7)$$

где N – число фракций, полученных при анализе;

g_i – доля участия фракции порядка i в составе грунта, %;

$d_{cp.i}$ – средний диаметр фракции, см.

$$d_{\text{ср. } i} = \frac{d_i + d_{i+1}}{2}. \quad (7.8)$$

Частицы менее 0,01 мм при вычислении по формулам Крюгера, как и по формулам Замарина и Цункера, следует брать за одну фракцию, учитывая, что они обычно располагаются на поверхности песчаных зерен и входят в состав агрегатов.

Формула Замарина при температуре фильтрующейся воды 10 °С имеет такой вид:

$$K_{10} = 5572 \frac{n^3}{(1-n)^2} \alpha^2 \cdot d_z^2, \quad (7.9)$$

где n – пористость песка в долях единицы;

α – коэффициент, зависящий от пористости и учитывающий роль «мертвой воды», не участвующей в фильтрации;

d_z – действующий диаметр по Замарину, мм.

$$\alpha = 1,275 - 1,5 \cdot n. \quad (7.10)$$

Действующий диаметр

$$d_z = \frac{100}{\frac{3 \cdot g_1}{2 \cdot d_1} + \sum_2^N \left(\frac{g_i}{d_i - d_{i-1}} \ln \frac{d_i}{d_{i-1}} \right)}, \quad (7.11)$$

где g_1 – доля участия фракции с размером от d_1 до 0;

d_1 – диаметр наименьшей фракции, мм;

N – число фракций, на которые разделен грунт для расчета;

g_i – доля участия фракции порядка i в составе грунта, %;

d_i и d_{i-1} – наибольший и наименьший диаметры зерен во фракции порядка i , мм.

Формула Замарина имеет преимущество по сравнению с другими формулами в том, что более правильно учитывает вероятность распределения частиц песка и роль отдельных их групп.

Формула Цункера при температуре фильтрующейся воды (t) имеет следующий вид:

$$K = c \left(\frac{n}{1-n} \right)^2 \frac{1}{U^2} (1 + 0,034 \cdot t), \quad (7.12)$$

где c – коэффициент формы зерен, принимаемый по табл. 7.2;

n – пористость грунта в долях единицы;

t – температура фильтрующейся воды, °С;

U – удельная поверхность, т. е. отношение суммарной поверхности частиц данного грунта к суммарной поверхности грунта, сложенного частицами диаметром 1 мм.

$$U = \frac{3 \cdot g_1}{2 \cdot d_1} + \sum_2^N g_i \frac{\left(\frac{1}{d_{i-1}} - \frac{1}{d_i} \right)}{\ln d_i - \ln d_{i-1}}. \quad (7.13)$$

Таблица 7.2. Значения коэффициента c

| Характер песка | c |
|--|-------|
| Равномерно зернистый песок с окатанными гладкими зёрнами | 1 160 |
| Равномерно зернистый песок с угловатыми слабо окатанными зёрнами | 680 |
| Неравномерно зернистый песок с окатанными зёрнами | 580 |
| Неравномерно зернистый песок с угловатыми шероховатыми зёрнами | 340 |

Преимущество формулы Цункера заключается в том, что при расчетах учитывается форма зёрен и степень однородности песка.

Формула Заурбрея при температуре фильтрующейся воды 10 °С имеет такой вид:

$$K_{10} = \beta \frac{n^3}{(1-n)^2} d_{17}^2, \quad (7.14)$$

где β – эмпирический коэффициент, зависящий от однородности и крупности частиц песка и равный от 1 150 до 3 010 (обычно 2 880–3 010);

d_{17} – диаметр, меньше которого в грунте содержится 17 % частиц по массе, мм.

Формула Заурбрея применима для определения коэффициента фильтрации мелко-, средне- и крупнозернистых, чистых и глинистых песков.

3. Определение коэффициента фильтрации по результатам лабораторных испытаний грунтов

Лабораторные методы можно разделить на методы определения коэффициента фильтрации при переменном и постоянном напорах.

Определение коэффициента фильтрации при переменном напоре с помощью трубки Каменского. Прибор предназначен для определения приближенных значений коэффициента фильтрации пес-

чаных пород нарушенного сложения. Схема установки приведена на рис. 7.1.

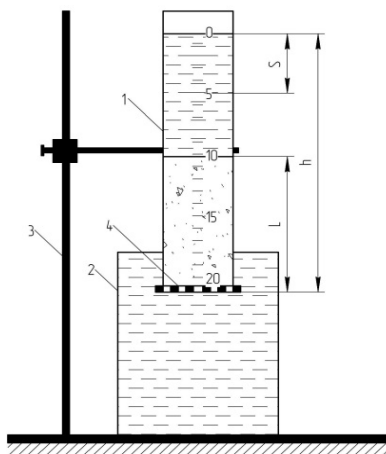


Рис. 7.1. Трубка Каменского:
1 – стеклянная трубка; 2 – сосуд для воды; 3 – штатив; 4 – сетка

Испытания проводят следующим образом. Устанавливают трубку в батарейный стакан и загружают испытываемым грунтом на высоту 10 см.

Наполнение трубки песком производят слоями по 2–3 см и сопровождают легкой трамбовкой и насыщением водой, для чего в батарейный стакан подливают воду в таком количестве, чтобы ее уровень был выше уровня песка в трубке на 1,0–2,5 см, и ожидают момента появления в трубке слоя воды 3–5 мм.

В трубку сверху наливают воду до уровня на 1–2 см выше черты 0. Далее вынимают трубку из батарейного стакана и закрепляют ее на штативе. Отмечают время понижения уровня воды в трубке от деления 0 до делений 3, 5, 8 см. В конце опыта замеряют температуру воды.

Коэффициент фильтрации определяют по формуле

$$K = \frac{864 \cdot L}{T} f\left(\frac{S}{h}\right), \quad (7.15)$$

где L – длина пути фильтрации (толщина слоя песка), см;

T – время понижения уровня воды в трубке от деления 0 до делений 3, 5, 8 см, с;

S – величина понижения уровня воды в трубке за время T , см;

h – первоначальный напор, см;

$f\left(\frac{S}{h}\right)$ – функция, зависящая от отношения S/h .

$$f\left(\frac{S}{h}\right) = -\ln\left(1 - \frac{S}{h}\right). \quad (7.16)$$

Все данные, полученные в процессе определения коэффициента фильтрации, записывают в табл. 7.3, и по ним определяют среднее значение коэффициента фильтрации.

Таблица 7.3. **Определение коэффициента фильтрации с помощью трубки Каменского**

| № опыта | Первоначальный напор h , см | Понижение уровня S , см | Время фильтрации T , с | $\frac{S}{h}$ | $f\left(\frac{S}{h}\right)$ | Длина пути фильтрации l , см | Коэффициент фильтрации K , м/сут | Средний коэффициент фильтрации $K_{ср}$, м/сут |
|---------|-------------------------------|---------------------------|--------------------------|---------------|-----------------------------|--------------------------------|------------------------------------|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |

Полученное в процессе опыта значение коэффициента фильтрации приводится к температуре 10 °С путем деления на температурную поправку

$$\tau = 0,7 + 0,03 \cdot t. \quad (7.17)$$

Определение коэффициента фильтрации при постоянном напоре с помощью прибора КФ-01. Прибор предназначен для определения коэффициента фильтрации песчаных грунтов с нарушенной и ненарушенной структурой при постоянном градиенте напора. Схема прибора приведена на рис. 7.2.

Испытания проводят в следующем порядке. Устанавливают трубку в батарейный стакан и загружают испытываемым грунтом на высоту металлического цилиндра. Заполнение песком производят аналогично опыту с трубкой Каменского. Если требуется определить коэффициент фильтрации в образце с ненарушенной структурой, то трубку вдавливают в грунт. После заполнения цилиндра грунтом на него помещают сетку и надевают верхнюю муфту. Заполняют мерный баллон водой, предварительно измерив ее температуру, зажимают его отверстие

большим пальцем и, быстро опрокинув, вставляют в верхнюю муфту так, чтобы горлышко баллона соприкасалось с латунной сеткой.

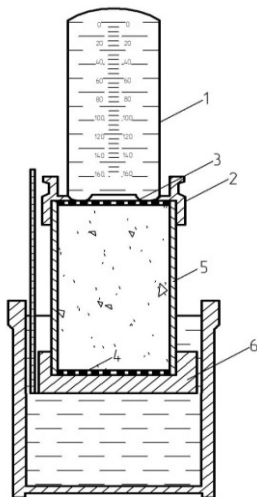


Рис. 7.2. Прибор КФ-01:
 1 – стеклянный мерный баллон;
 2 – верхняя муфта; 3 – верхняя
 сетка; 4 – нижняя сетка; 5 – ме-
 таллический цилиндр; 6 – ниж-
 няя муфта

В таком виде мерный баллон автоматически поддерживает над грунтом постоянный уровень воды 1–2 мм. Отмечают по шкале уровень воды в мерном баллоне и засекают время (для среднезернистых песков – не менее 50–100 с, для глинистых – 250–500 с).

Коэффициент фильтрации (м/сут) при температуре опыта вычисляют по формуле

$$K = \frac{W \cdot 864}{T \cdot F \cdot I}, \quad (7.18)$$

где W – объем воды, профильтровавшейся за время T , см³;

T – время фильтрации, с;

F – площадь поперечного сечения трубки ($F = 25$ см²);

I – градиент напора.

Опыт повторяют несколько раз, данные наблюдений заносят в табл. 7.4 и по ним вычисляют среднее значение коэффициента фильтрации.

Полученное в процессе опыта значение коэффициента фильтрации приводится к температуре 10 °С путем деления на температурную поправку, полученную по формуле (7.17).

Таблица 7.4. **Определение коэффициента фильтрации с помощью прибора КФ-01**

| № опыта | Время фильтрации T_f , с | Объем воды W , см ³ | Площадь сечения трубки F , см ² | Градиент напора I | Коэффициент фильтрации K , м/сут | Средний коэффициент фильтрации $K_{ср}$, м/сут |
|---------|----------------------------|----------------------------------|--|---------------------|------------------------------------|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| | | | | | | |
| | | | | | | |

По окончании лабораторной работы необходимо сопоставить данные определения коэффициента фильтрации расчетным методом с результатами лабораторных испытаний (табл. 7.5), выбрать наиболее приемлемую формулу для определения коэффициента фильтрации песчаного грунта.

Таблица 7.5. **Результаты определений коэффициента фильтрации грунта**

| Наименование метода определения коэффициента фильтрации грунта | Средний коэффициент фильтрации $K_{ср}$, м/сут (при температуре 10 °С) |
|--|---|
| 1 | 2 |
| | |
| | |

Вопросы для самоконтроля

1. Что такое водопроницаемость грунта?
2. Дать определение коэффициенту фильтрации. Его практическое значение.
3. Методы определения коэффициента фильтрации.
4. Для чего служит температурная поправка?
5. Пояснить назначение трубки Каменского и ее устройство.
6. Порядок проведения опыта с помощью трубки Каменского.
7. Привести расчетную формулу Каменского и пояснить величины, входящие в нее.
8. Как вычисляется температурная поправка к формуле Каменского и для чего она служит?
9. Пояснить назначение прибора КФ-01 и его устройство.
10. Порядок проведения опыта с помощью прибора КФ-01.
11. Привести расчетную формулу для определения коэффициента фильтрации с помощью прибора КФ-01 и пояснить величины, входящие в нее.
12. Как привести коэффициент фильтрации, полученный при температуре опыта с помощью прибора КФ-01, к температуре 10 °С?

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бетехтин, А. Г. Курс минералогии / А. Г. Бетехтин. – Москва: Госгеолтехиздат, 1961. – 539 с.
2. Боровиков, А. А. Инженерная геология и гидрогеология: учеб.-метод. пособие / А. А. Боровиков, Н. В. Васильева, Д. М. Лейко. – Горки: БГСХА, 2018. – 298 с.
3. Весы лабораторные. Общие технические требования: ГОСТ 24104-2001. – Введ. 01.07.2002. – Москва: ИПК «Издательство стандартов», 2002. – 5 с.
4. Грунты. Методы лабораторного определения гранулометрического (зернового) и микроагрегатного состава: ГОСТ 12536-2014. – Введ. 23.05.2016. – Минск: Госстандарт, 2017. – 17 с.
5. Грунты. Методы лабораторного определения физических характеристик: ГОСТ 5180-2015. – Введ. 07.08.2018. – Минск: Госстандарт, 2018. – 20 с.
6. Грунты. Отбор, упаковка, транспортирование и хранение образцов: ГОСТ 12071-2014. – Введ. 31.12.2015. – Минск: Госстандарт, 2016. – 10 с.
7. Деменицкая, Р. М. Кора и мантия Земли / Р. М. Деменицкая. – Москва: Недра, 1975. – 256 с.
8. Классификация и номенклатура магматических горных пород / О. А. Богатиков [и др.]. – Москва: Недра, 1981. – 160 с.
9. Кузин, М. Ф. Полевой определитель минералов / М. Ф. Кузин, Н. И. Егоров. – Москва: Недра, 1974. – 232 с.
10. Посуда и оборудование лабораторные фарфоровые. Технические условия: ГОСТ 9147-80. – Введ. 01.01.82. – Москва: Стандартинформ, 2011. – 22 с.
11. Смольянинов, Н. А. Практическое руководство по минералогии / Н. А. Смольянинов. – Москва: Недра, 1972. – 360 с.
12. Толстой, М. П. Геология и гидрогеология / М. П. Толстой, В. А. Малыгин. – Москва: Недра, 1988. – 318 с.

СОДЕРЖАНИЕ

| | |
|--|----|
| Введение..... | 3 |
| Лабораторная работа 1. Определение и изучение главнейших породообразующих минералов..... | 4 |
| 1. Краткие сведения о минералах..... | 4 |
| 2. Описание минералов..... | 5 |
| 3. Формы нахождения минералов в природе..... | 11 |
| 4. Определение названия минералов..... | 14 |
| 4.1. Ключ к определению минералов..... | 15 |
| 4.2. Характеристика минералов..... | 16 |
| 5. Изучение минералов..... | 25 |
| Лабораторная работа 2. Определение и изучение магматических горных пород..... | 28 |
| 1. Краткие сведения о магматических породах..... | 28 |
| 1.1. Происхождение..... | 28 |
| 1.2. Формы залегания..... | 29 |
| 1.3. Структуры и текстуры..... | 30 |
| 1.4. Вещественный состав..... | 30 |
| 1.5. Физические свойства..... | 31 |
| 2. Описание пород..... | 34 |
| 3. Определение названия пород..... | 36 |
| 3.1. Ключ к определению магматических пород..... | 36 |
| 3.2. Краткое описание основных типов магматических горных пород..... | 37 |
| 3.2.1. Кислые магматические породы..... | 37 |
| 3.2.2. Средние магматические породы..... | 39 |
| 3.2.3. Основные магматические породы..... | 40 |
| 3.2.4. Ультраосновные породы..... | 41 |
| 3.2.5. Вулканокластические породы..... | 42 |
| 4. Изучение пород..... | 42 |
| Лабораторная работа 3. Определение и изучение осадочных горных пород..... | 44 |
| 1. Краткие сведения об осадочных породах..... | 44 |
| 1.1. Происхождение..... | 44 |
| 1.2. Вещественный состав осадочных пород..... | 44 |
| 1.3. Структура и текстура..... | 45 |
| 1.4. Формы залегания осадочных пород..... | 46 |
| 2. Описание пород..... | 47 |
| 3. Определение названия пород..... | 51 |
| 3.1. Ключ к определению химических, органогенных и смешанных пород..... | 52 |
| 3.2. Ключ к определению обломочных пород..... | 54 |
| 3.3. Краткое описание химических, органогенных, смешанных и обломочных пород..... | 56 |
| 3.3.1. Химические породы..... | 56 |
| 3.3.2. Органогенные породы..... | 59 |
| 3.3.3. Смешанные породы..... | 61 |
| 3.3.4. Обломочные породы..... | 62 |
| 4. Изучение пород..... | 67 |
| Лабораторная работа 4. Определение и изучение метаморфических горных пород..... | 69 |
| 1. Краткие сведения о метаморфических породах..... | 69 |

| | |
|---|-----|
| 1.1. Происхождение..... | 69 |
| 1.2. Минеральный состав | 71 |
| 1.3. Структура и текстура | 71 |
| 1.4. Формы залегания метаморфических пород | 71 |
| 2. Описание пород..... | 72 |
| 3. Ключ к определению метаморфических горных пород | 73 |
| 4. Описание метаморфических пород | 74 |
| 5. Изучение пород | 77 |
| Лабораторная работа 5. Определение гранулометрического состава песчаного грунта | 77 |
| 1. Общие сведения..... | 78 |
| 2. Порядок испытаний..... | 79 |
| 2.1. Разделение грунта на фракции без промывки водой | 79 |
| 2.2. Разделение грунта на фракции с промывкой водой | 80 |
| 2.3. Обработка результатов..... | 81 |
| Лабораторная работа 6. Определение пористости песчаного грунта..... | 84 |
| 1. Общие сведения..... | 84 |
| 2. Определение плотности твердых частиц песчаного грунта | 85 |
| 3. Определение плотности скелета песчаного грунта в рыхлом и плотном сложении | 87 |
| 4. Определение пористости песчаного грунта в рыхлом и плотном сложении..... | 89 |
| Лабораторная работа 7. Определение коэффициента фильтрации песчаного грунта..... | 90 |
| 1. Общие сведения..... | 90 |
| 2. Определение коэффициента фильтрации по эмпирическим формулам..... | 91 |
| 3. Определение коэффициента фильтрации по результатам лабораторных испытаний грунтов | 95 |
| Библиографический список | 100 |

Учебное издание

Боровиков Алексей Александрович
Васильева Наталья Васильевна

ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОЛОГИЯ
И ГИДРОГЕОЛОГИЯ

ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ

Учебно-методическое пособие

Редактор *Е. В. Ширалиева*

Технический редактор *Н. Л. Якубовская*

Подписано в печать 11.12.2020. Формат 60×84 ¹/₁₆. Бумага офсетная.

Ризография. Гарнитура «Таймс». Усл. печ. л. 6,04. Уч.-изд. л. 5,56.

Тираж 60 экз. Заказ

УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»

Свидетельство о ГРИИРПИ № 1/52 от 09.10.2013.

Ул. Мичурина, 13, 213407, г. Горки.

Отпечатано в УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия».

Ул. Мичурина, 5, 213407, г. Горки.