ГЕОЛОГИЯ

Лабораторный практикум

Рекомендовано
Учебно-методическим объединением
высших учебных заведений Республики Беларусь
по естественнонаучному образованию
в качестве пособия для студентов высших учебных заведений,
обучающихся по специальности 1-31 02 01 «География»

Репозиторий ВГУ

2011

УДК 551(076)
ББК 26.3я73
Г36

Авторы-составители: доцент кафедры географии УО «ВГУ им. П.М. Машерова», кандидат геолого-минералогических наук **А.Н. Галкин**; доцент кафедры географии УО «ВГУ им. П.М. Машерова», кандидат геолого-минералогических наук **И.А. Красовская**

Рецензенты:
кафедра динамической геологии Белорусского государственного университета; доцент кафедры почвоведения и земельных информационных систем Белорусского государственного университета, кандидат геолого-минералогических наук *Л.И. Мурашко*

Репозиторий ВГУ

Г36

Лабораторный практикум предназначен для студентов вузов, обучающихся по специальности 1-31 02 01 «География», и имеет цель привить навыки самостоятельной работы с фактическим геологическим материалом целенаправленно с эффективным использованием аудиторных часов. Поскольку одних аудиторных занятий недостаточно для получения требуемых навыков, издание будет иметь значимость при самостоятельной работе.

В практикум включены лабораторные работы по основным разделам курса. Каждой лабораторной работе предшествуют необходимые теоретические сведения и справочные данные в удобной табличной форме. Текст сопровождается многочисленными рисунками, облегчающими восприятие материала и его применение на практике.

УДК 551(076)
ББК 26.3я73

© УО «ВГУ им. П.М. Машерова», 2011

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ …… 4

РАЗДЕЛ 1. ВЕЩЕСТВЕННЫЙ СОСТАВ ЗЕМНОЙ КОРЫ 5
1.1. Основы минералогии ……... 5
1.1.1. Общие сведения о минералах ……..... 5
1.1.2. Формы нахождения минералов в природе …… 7
1.1.3. Диагностические свойства минералов …….. 8
1.1.4. Классификация минералов ……..… 12
Лабораторная работа № 1. Физико-диагностические свойства минералов …… 17
Лабораторная работа № 2–5. Минералы и их классификация 18
1.2. Основы учения о горных породах ……...……... 31
1.2.1. Общие сведения ……...…… 31
1.2.2. Классификация горных пород ……..…….. 31
1.2.3. Магматические горные породы ……..…… 31
Лабораторная работа № 6. Магматические горные породы 33
1.2.4. Осадочные горные породы …….. 35
Лабораторная работа № 7–8. Осадочные горные породы …..… 41
1.2.5. Метаморфические горные породы …….. 41
Лабораторная работа № 9. Метаморфические горные породы .. 42
Вопросы для самоконтроля к разделу 1 …… 45

РАЗДЕЛ 2. ОСНОВЫ ИСТОРИЧЕСКОЙ ГЕОЛОГИИ ……. 46
2.1. Периодизация геологической истории Земли ……... 46
Лабораторная работа №10. Шкала геологического времени …. 50
2.2. Структурные элементы литосферы и их эволюция …….. 51
2.2.1. Общие положения ……. 51
2.2.2. Структурные элементы континентов …….. 51
2.2.3. Структурные элементы океанов …….. 57
2.2.4. Рифтовые зоны и глубинные разломы…… 58
2.2.5. Структурные элементы земной коры с позиции тектоники литосферных плит ……. 59
2.2.6. Эпохи и фазы складчатости ……. 61
Лабораторная работа № 11. Структурные элементы земной коры 62
Вопросы для самоконтроля к разделу 2 …… 64

РАЗДЕЛ 3. ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ КАРТЫ И РАЗРЕЗЫ ……... 65
Лабораторная работа № 12. Геологические карты и разрезы …. 71
Вопросы для самоконтроля к разделу 3 …… 76

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ ……... 77

Репозиторий ВГУ

ВВЕДЕНИЕ

Учебный курс «Геология» является одним из основополагающих курсов в естественнонаучном образовании. Это первая фундаментальная дисциплина цикла наук о Земле, который изучают студенты географических специальностей вузов. Она дает широкие представления о происхождении и строении Земли, вещественном составе земной коры (элементах, минералах, горных породах), геологических эндогенных и экзогенных процессах и результатах, к которым они приводят, о понятии «времени» в геологии, структурных элементах земной коры, взаимоотношениях слоистых толщ и др.

Значительное место в изучении курса занимают практические лабораторные занятия, на которых студенты знакомятся с начальными сведениями о свойствах минералов, их формах нахождения в природе, методах определения, классификации, а также о свойствах наиболее распространенных магматических, осадочных и метаморфических горных пород. Этим вопросам посвящен первый раздел данного издания.

Во втором разделе в краткой форме дается представление об относительном и хронометрическом возрасте горных пород, рассматриваются стратиграфическая и геохронологическая шкалы; излагаются сведения о структурных элементах земной коры и их эволюции.

В третьем разделе практикума приводятся сведения о геологических картах, их назначении и построении. Материал раздела позволяет студентам познакомиться с содержанием и элементами геологических карт, а также методикой построения геологических разрезов.

Важной составляющей лабораторного практикума являются помещенные в конце каждого раздела вопросы для самоконтроля, которые позволят студентам самостоятельно определить уровень усвоения методического материала.

По мнению авторов-составителей, настоящее издание удачно дополняет лекционный курс по геологии сведениями, помогающими студентам овладеть на практике определением минералов, горных пород, чтением геологических карт и составлением геологических разрезов, что обеспечивает в значительной степени подготовку студентов к усвоению материалов таких учебных дисциплин, как «Физическая география материков и океанов» и «Физическая география Беларуси». Приведенные в лабораторном практикуме сведения отвечают современному состоянию геологической науки.

Репозиторий ВГУ

РАЗДЕЛ 1. ВЕЩЕСТВЕННЫЙ СОСТАВ ЗЕМНОЙ КОРЫ

1.1. Основы минералогии

1.1.1. Общие сведения о минералах

Минералами называются химические соединения или самородные элементы, возникшие в результате различных физико-химических процессов, протекающих в земной коре и на ее поверхности.

В настоящее время известно более 2500 природных минералов, не считая разновидностей, но только немногие из них (около 50) имеют значение в образовании слагающих земную кору горных пород. Они носят название **породообразующие**.

Таблица 1

Распределение породообразующих минералов в земной коре

Минералы	Содержание, %	Минералы	Содержание, %
Полевые шпаты	55,0	Слюды	3,0
Пироксены и амфиболы	15,0	Кальцит	1,5
Кварц и его разновидности	12,0	Глинистые	1,5
Оксиды и гидроксиды	5,0	Фосфаты	0,75

Остальные минералы в горных породах встречаются в виде незначительных примесей и называются **акцессорными минералами** (лат. «акцессориус» – дополнительный).

По условиям образования минералы подразделяются на две крупные группы: 1) эндогенные (греч. «эндо» – внутри) минералы, связанные с процессами, происходящими внутри земной коры и верхней мантии, – магматизмом и метаморфизмом (например: оливин, полевые шпаты, авгит, кварц и др.); 2) экзогенные (греч. «экзо» – снаружи), или гипергенные (греч. «гипер» – над, сверху), минералы, образующиеся на земной поверхности или вблизи нее под действием экзогенных процессов – выветривание и осаждение из водных растворов (например: глинистые, опал, лимонит, кальцит, доломит, гипс, галит и т.д.).

В природе минералы встречаются преимущественно в кристаллическом состоянии и лишь незначительная часть – в аморфном (греч. «аморфос» – бесформенный). На долю аморфных минералов приходится всего лишь около 2% их общего количества. Для всех минера-

Репозиторий БГУ

лов, имеющих кристаллическое строение, характерно упорядоченное расположение слагающих их атомов (или ионов). Эти мельчайшие частицы образуют в пространстве различные **кристаллические решетки** (рис. 1).

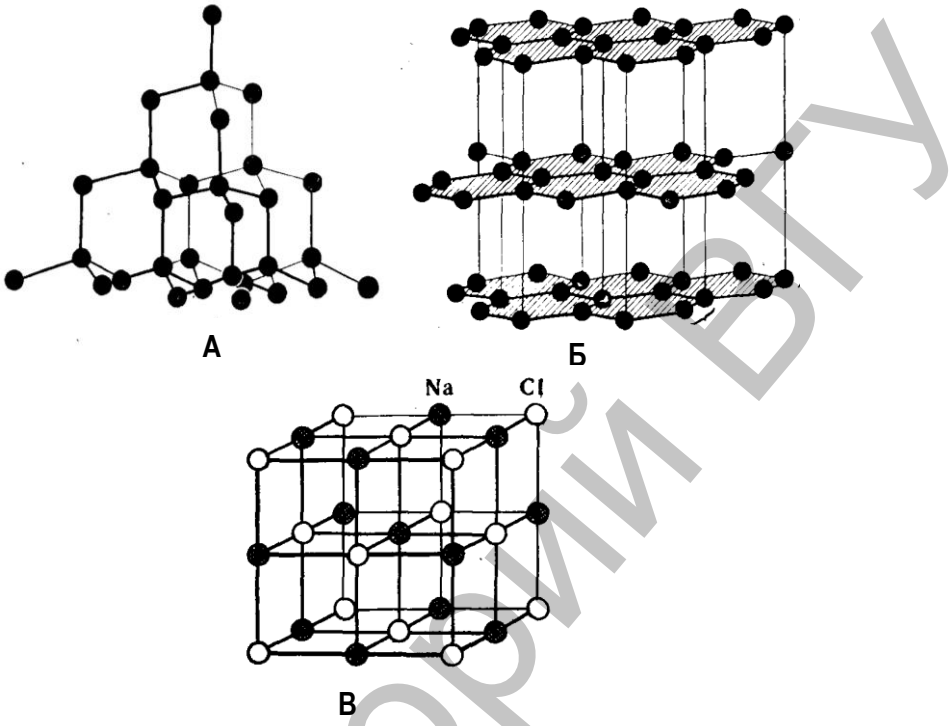

Рис. 1. **Кристаллические решетки алмаза (А), графита (Б) и каменной соли (В).**

В аморфном веществе те же частицы располагаются беспорядочно и какой-либо закономерности в их размещении не наблюдается.

Свойства минералов зависят от их химического состава и характера расположения элементарных частиц, т.е. кристаллической структуры. В природе известны случаи, когда одинаковое по составу химическое вещество имеет различное внутреннее строение и, следовательно, разные свойства. Такое явление носит название **полиморфизм.** Его примером могут служить алмаз и графит, пирит и марказит, кальцит и арагонит. Они представляют собой две модификации соответственно углерода, дисульфида железа и карбоната кальция.

В то же время в природе существует и противоположное полиморфизму явление, когда вещества с различным химическим составом способны кристаллизоваться порознь в кристаллах, весьма близких по форме и строению, и давать однородные смешанные кристаллы, содержащие исходные вещества в различных количествах. Это так называемый **изоморфизм**. В качестве примера изоморфизма можно назвать минерал оливин, представляющий собой смесь из *m*-го количества минерала форстерита Mg_2SiO_4 и *n*-го количества минерала фаялита Fe_2SiO_4, где *m* может быть больше или меньше *n*.

Репозиторий ВГУ

1.1.2. Формы нахождения минералов в природе

В природных условиях минералы чаще всего образуют тела неправильной формы. Хорошо ограненные кристаллы встречаются сравнительно редко. Наиболее распространены следующие формы минералов в виде одиночных кристаллов: равновеликие (пирит), шестоватые, игольчатые, столбчатые, волокнистые (асбест, гипс, роговая обманка), таблитчатые, плоские, листоватые, чешуйчатые (слюда, графит, тальк).

Часто отдельные минералы срастаются в агрегаты самой разнообразной формы и строения (рис. 2). Среди них различают:

- **двойники** – закономерные сростки двух и более кристаллов. Например, минерал гипс образует двойники: «ласточкин хвост», плагиоклазы, – сложные *полисинтетические двойники*. Среди этих образований различают двойники срастания и двойники прорастания. Отдельные минералы образуют *тройники*, например, рутил;
- **друзы** – образуются при росте кристаллов в относительно свободном пространстве – трещинах, пустотах, пещерах. Обычно кристаллы основаниями прирастают к породе, а ориентировка их в пространстве может быть различна. Если кристаллы параллельны друг другу и плотно соприкасаются, такие формы называются *щетками*;
- **конкреции** – шарообразные агрегаты с радиально лучистым или скорлуповато-концентрическим внутренним строением. Кристаллизация начинается обычно вокруг какого-либо центра и идет к периферии;
- **секреции** – в отличие от конкреций возникают при выполнении минеральной массой полостей в породе. Рост кристаллов происходит от стенок пустот к центру. Как правило, секреции имеют концентрическое строение и лишь в случае, если минеральное вещество заполняет всю полость, ее цокольная часть может иметь радиально-лучистое строение. Крупные секреции именуются *жеодами*, а мелкие (до 10 мм) – *миндалинами*;
- **оолиты** – близкие к конкрециям образования скорлуповато-концентрического строения, но мелкие размером (до 10 мм в поперечнике);
- **дендриты** – сростки скелетных кристаллов, напоминающие веточки дерева или мха. Образуются при быстрой кристаллизации минералов в тонких ветвящихся трещинах;
- **натечные образования** – представляют собой минеральные агрегаты, образующиеся в пустотах путем медленного испарения просачивающихся раствором. Они обычно имеют почковидную, гроздевидную или сосульковидную форму преимущественно со скорлуповато-концентрическим внутренним строением. Натеки, свисающие с по-

Репозиторий ВГУ

толков пустот, называются *сталактитами*, а растущие к ним навстречу со дна пустот – *сталагмитами*.

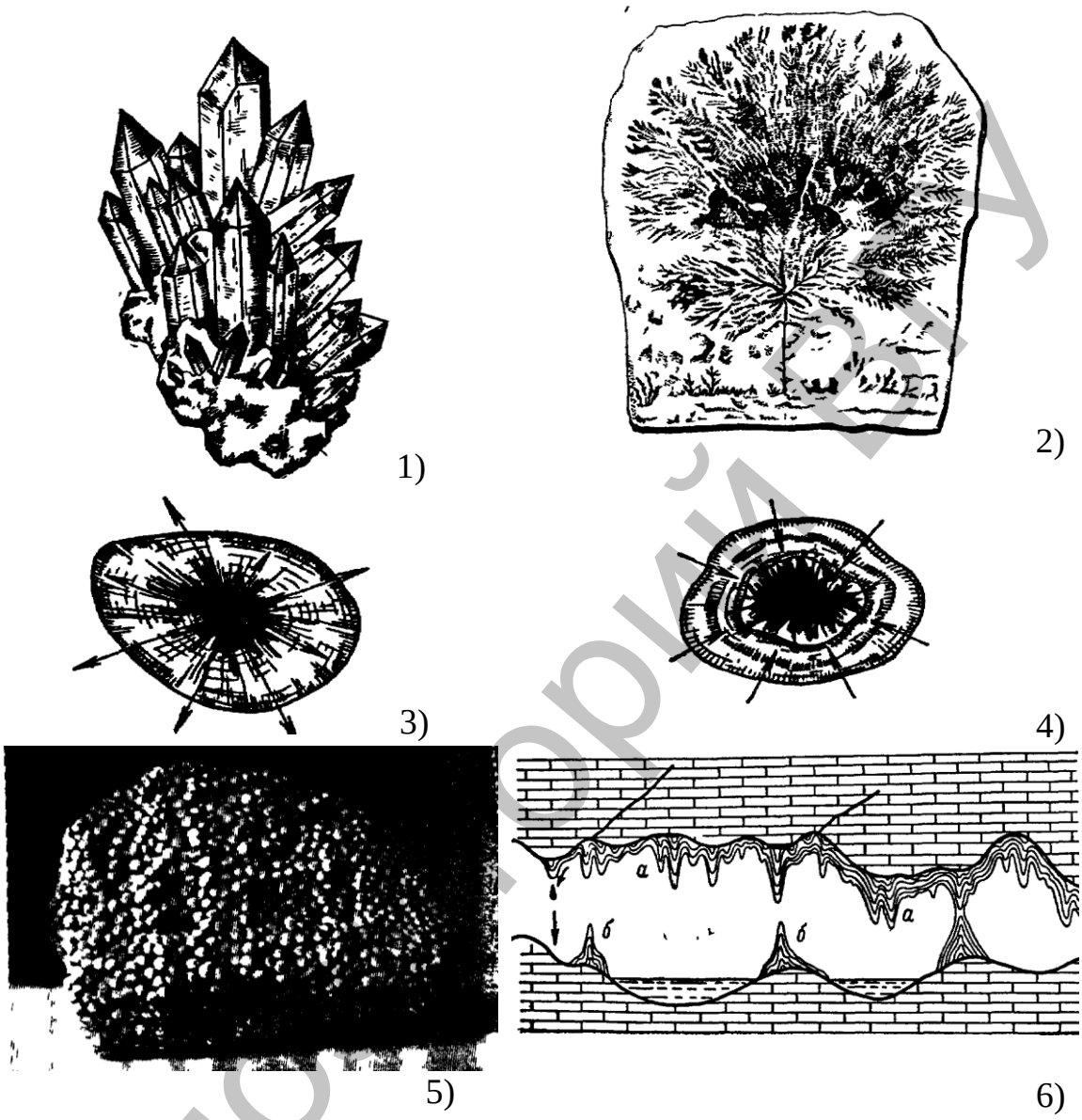

Рис. 2. **Формы минеральных агрегатов.**

1 – друза горного хрусталя; 2 – дендриты мангонита ($Mn_2O_3xH_2O$) на известняке; 3 – конкреция; 4 – секреция; 5 – оолиты арагонита; 6 – натечные формы: а – сталактиты, б – сталагмиты.

Кроме того, в пустотах и по стенкам трещин образуются выцветы, налеты, примазки. Встречаются землистые агрегаты в виде рыхлых масс, состоящих из мельчайших кристаллов.

1.1.3. Диагностические свойства минералов

Каждый минерал обладает комплексом характерных свойств или признаков, по которым возможно его определение. Эти свойства

Репозиторий ВГУ

зависят от химического состава минералов и его внутреннего строения. Следовательно, минерал можно определить, изучив его качественный и количественный химический состав, кристаллографические свойства.

В полевых условиях при диагностике минералов пользуются комплексом внешних признаков – физических свойств.

К физическим свойствам, используемым для быстрого определения минералов, относятся: твердость, спайность, излом, цвет, блеск, прозрачность, цвет черты, плотность.

Цвет минерала зависит от длины волны отраженного света и обусловлен его химическим составом, внутренним строением и наличием незначительных примесей, сильно изменяющих окраску, но не влияющих на другие свойства минерала. Из этого следует, что один и тот же минерал может иметь различную окраску (например, кварц, гипс) и, наоборот – разные минералы могут быть окрашены одинаково (например, кварц и флюорит, галит и кальцит и др.). Таким образом, цвет минерала не является определяющим признаком и может использоваться только в совокупности с другими свойствами. Для определения цвета минерала нужно получить свежий излом.

Цвет черты – это цвет минерала в тонком порошке, который легко получить, если провести (прочертить) испытуемым минералом по неглазированной шероховатой поверхности фарфоровой пластинки, называемой *«бисквитом»*. Минералы, имеющие твердость меньше, чем у бисквита, оставляют на нем черту, определяющую цвет минерала в порошке. Минералы очень твердые черты не дают. Они царапают бисквит и создают впечатление черты. Можно считать, что минерал дает черту, если черта стирается пальцем.

Цвет черты в ряде случаев совпадает с цветом минерала в куске. Например, киноварь и в куске, и в порошке имеет красный цвет, магнетит – черный. У других минералов наблюдается резкое различие между цветом в куске и цветом черты. Так, например, пирит, характеризующийся светлым латунно-желтым цветом, дает черную черту; кристаллический гематит имеет стально-серый или железно-черный цвет, черта же у него всегда вишнево-красная.

Цвет черты в ряде случаев является более постоянным, а следовательно, и более надежным диагностическим признаком, чем цвет минерала в куске. Так, например, минерал гипс в куске, в зависимости от примесей, может быть желтого, красного, бурого, серого или черного цвета. Черта у гипса всегда белая. То же наблюдается и у таких минералов, как галит, кальцит и др.

Блеск минерала – это результат отражения света от его поверхности. Он зависит от характера отражающей поверхности, способности поглощать свет и показателя преломления минерала. Разли-

Репозиторий ВГУ

чают минералы с **металлическим, металловидным** или **полуметаллическим** и **неметаллическим** блеском.

Минералы с металлическим блеском обычно непрозрачные даже в тонких пластинках, цвет черты их черный или темный, блеск их сходен с блеском свежеизломанных или полированных поверхностей металлов.

Полуметаллический блеск напоминает блеск потускневших поверхностей металлов. Таким блеском обладают, например, графит, магнетит, гематит.

К неметаллическому блеску, в зависимости от показателя преломления и характера поверхности, относятся:

- **алмазный** – сильный, искрящийся (у алмаза, сфалерита);
- **стеклянный** – близкий к блеску поверхности стекла (у кварца, кальцита, магнезита, оливина);
- **жирный** – блеск поверхности, смазанной жиром (тальк, сера, нефелин);
- **матовый** – блеск отсутствует (каолин);
- **перламутровый** – с радужными переливами (слюда, гипс);
- **шелковистый** – напоминает блеск шелковой нити (асбест);
- **восковый** (халцедон, опал).

Черта у минералов с неметаллическим блеском светлая.

Прозрачность – способность минерала пропускать или поглощать световой луч. Различают минералы **прозрачные, полупрозрачные**, просвечивающие только в тонкой пластинке или по краю, **непрозрачные**. Следует помнить, что тонкозернистые агрегаты прозрачных минералов могут казаться непрозрачными из-за рассеяния света различно ориентированными зернами (кристаллами).

Излом – показатель, характеризуемый поверхностью, образуемой при раскалывании минералов. Различают следующие виды изломов: **раковистый** (кварц, халцедон, опал), **мелкораковистый** (сера), **ровный** (халькопирит), **неровный** (пирит, апатит), **землистый** (каолин), **зернистый** (магнетит, хромит), **занозистый,** или **игольчатый,** у минералов с волокнистым строением (асбест), **ступенчатый** (ортоклаз, галенит).

Спайность минералов. Это способность их раскалываться по определенным направлениям (плоскостям) при механическом воздействии. Различают минералы с **весьма совершенной, совершенной, средней, несовершенной** и **весьма несовершенной** спайностью. Минералы с весьма совершенной спайностью (слюда, графит, гипс) легко расщепляются ногтем на тончайшие листочки. Минералы с совершенной спайностью (кальцит, галит) под воздействием легких ударов распадаются на осколки неправильной, ограненной формы, минералы со средней спайностью (авгит, роговая обманка) – на осколки, огранн-

Репозиторий ВГУ

ченные приблизительно в одинаковой степени как плоскостями спайности, так и неправильными поверхностями излома. У минералов с несовершенной и весьма несовершенной спайностью плоскости спайности либо не видны (апатит), либо вообще отсутствуют (кварц, корунд), поэтому образующиеся при раскалывании их обломки имеют неправильные формы.

Количество направлений, по которым может быть выражена спайность у разных минералов, различны. У слюд наблюдается весьма совершенная спайность в одном направлении; у амфиболов и пироксенов – в двух; кальцита, галенита, галита – трех; флюорита – четырех; сфалерита – шести.

Иногда спайность можно спутать с поверхностью огранки кристалла, поэтому нужно иметь в виду, что, во-первых, на плоскостях спайности минералы имеют более сильный блеск, чем на гранях. Во-вторых, в направлении спайности всегда можно обнаружить несколько параллельно друг другу плоскостей.

Твердость – способность минерала сопротивляться внешнему механическому воздействию. Это свойство является функцией структуры пространственной решетки и характера сил сцепления материальных частиц, слагающих решетку.

На практике твердость определяют царапанием исследуемого минерала другим или предметом с известной твердостью, т.е. устанавливается относительная твердость минерала. С этой целью пользуются шкалой твердости Мооса, представленной десятью минералами – эталонами, из которых каждый последующий своим острым концом царапает предыдущие (табл. 2).

После царапания определенного минерала необходимо его поверхность протереть пальцем и затем определить наличие черты.

По твердости минералы делятся на четыре группы: **мягкие** – твердость ниже 4,5 (тальк, гипс, графит); **средней твердости** – 3–4,5 (кальцит, ангидрит, флюорит, сфалерит, галенит); **твердые** – 5–6,5 (апатит, пирит, полевые шпаты, гематит, опал); **очень твердые** – 7 и больше (кварц, топаз, корунд и берилл).

Плотность минералов колеблется в широких пределах – от 0,8 до 23 г/см^3. Большинство минералов имеет плотность 2–10 г/см^3, а наиболее распространенные – 2,5–4 г/см^3. Минералы плотностью до 2,5 г/см^3 (гипс, галит, сера) называют **легкими**, плотностью 2,5–4 г/см^3 (кварц, апатит, кальцит, полевые шпаты) – **средними**, плотностью более 4 г/см^3 (барит, пирит, галенит и др. рудные минералы) – **тяжелыми**.

Репозиторий ВГУ

Таблица 2

Твердость минералов

Эталонные минералы	Твердость		Приближенные полевые оценки	
	Относительная по шкале Мооса	Истинная по отношению к корунду	Соответствующий по твердости материал	Взаимодействие минералов с другими предметами
Тальк	1	0,03	Графитовый стержень от мягкого карандаша	Минерал пишет на бумаге, не царапая ее
Гипс	2	0,04	Поваренная соль	Минерал чертится ногтем, не оставляя царапин на ногте
Кальцит	3	0,26	Медная проволока, ноготь (твердость 2,5)	Кончик стального ножа чертит минерал без заметного усилия
Флюорит	4	0,75	Железный гвоздь, проволока	Стальной нож царапает минерал с небольшим усилием
Апатит	5	1,23	Оконное стекло	Стальной нож царапает минерал с усилием
Ортоклаз	6	25	Стальной нож, игла	Минералы оставляют царапины на стекле и ноже
Кварц	7	40	Стальной напильник	Минералы легко царапают стекло
Топаз*	8	125	–	То же
Корунд*	9	1000	–	То же
Алмаз*	10	–	–	То же

*Встречаются редко.

Ориентировочно плотность определяют взвешиванием на ладони левой руки.

Для некоторых минералов характерны такие физические свойства, как магнитность (магнетит, пирротин), радиоактивность, вкус, запах, растворимость в кислотах, люминисценция, горючесть.

1.1.4. Классификация минералов

В основу современных классификаций минералов положен главным образом кристаллохимический принцип, т.е. их кристаллическое строение и химический состав. Все минералы подразделяются на несколько классов, из которых главнейшими являются: 1) **самородные элементы**; 2) **сульфиды**; 3) **карбонаты**; 4) **сульфаты**; 5) **галоиды**; 6) **оксиды и гидроксиды**; 7) **фосфаты**; 8) **силикаты и алюмосиликаты**.

Репозиторий ВГУ

Самородные элементы. К самородным элементам относится около 50 минеральных видов. В эту группу входят минералы, представляющие собой простые тела, находящиеся в природе в свободном состоянии. По своей массе они составляют менее 0,1% от массы земной коры. К ним относятся элементы химически инертные, а также элементы легко восстанавливающиеся из своих соединений: сера, графит, алмаз, самородные медь, серебро, золото, платина. Эта группа очень важна в практическом отношении. В генетическом отношении самородные элементы чрезвычайно разнообразны. Программой курса предусмотрено изучение серы и графита.

Сера – образуется из сульфатов (гипса) в зоне восстановления в присутствии органических веществ, в результате окисления сероводорода, осаждается в виде возгонов при вулканических извержениях, а также является продуктом жизнедеятельности организмов.

Месторождения серы известны в России (Урал, Поволжье, Камчатка, Курильские острова), Украине (Прикарпатье), Ираке, США (штаты Луизиана и Юта), Мексике, Чили, Японии и Италии (о. Сицилия).

Применяется в химической, резиновой промышленности, медицине, сельском хозяйстве и др.

Графит – имеет преимущественно метаморфическое происхождение. Основные запасы его сосредоточены в Китае, на Мадагаскаре, в Южной Корее, Индии, Северной Корее, Бразилии, Мексике, Канаде, Чехии и странах СНГ (Украина, Россия).

Применяется в металлургии для изготовления огнеупорных тиглей, электродов, красок, карандашей, смазочных составов и др.

Сульфиды – соли тяжелых металлов и сероводородной кислоты. К сульфидам относится около 200 минералов, но по своей массе они составляют не более 0,25% от массы земной коры. Образуются преимущественно в глубинных частях Земли, причем преобладают минералы гидротермального происхождения. Сульфиды имеют большое значение как руды цветных металлов. К числу наиболее распространенных сульфидов относятся: пирит, марказит, халькопирит, галенит, сфалерит, антимонит, молибденит, киноварь, аурипигмент. Характерные признаки – значительная плотность, преимущественно металлический блеск, невысокая твердость.

Месторождения и рудопроявления сульфидов известны во всех регионах мира: США, Канаде, Мексике, Чили, Австралии, Германии, Польше, Швейцарии, Испании, России, Казахстане, Армении, Турции, Иране, Китае и др.

Пирит используется как сырье для получения серной кислоты. Халькопирит, галенит, молибденит, антимонит, сфалерит и киноварь являются важной рудой соответственно на медь, свинец, молибден,

Репозиторий ВГУ

сурьму, цинк и ртуть. Киноварь также идет на изготовление красок. Аурипигмент находит применение в пиротехнике. Марказит практического применения не имеет.

Карбонаты – соли угольной кислоты. К карбонатам относится около 80 минералов. Они составляют около 1,7% от массы земной коры. Наибольшим распространением среди них пользуются карбонаты кальция и магния, формирующие огромные массивы известняков, доломитов, мраморов, мергелей и мела. Твердость карбонатов обычно невелика (3–4,5), блеск неметаллический, окраска чаще светлая. Многие из них бурно реагируют с соляной кислотой, выделяя CO_2.

Карбонаты являются важными породообразующими минералами. Кальцитом в основном сложены известняки и мраморы, магнезит и доломит образуют породы одноименного названия. Кальцит и доломит – одни из наиболее распространенных минералов, которые имеют преимущественно осадочное происхождение, реже гидротермальное. Сидерит – в основном гидротермального, магнезит – гидротермального и как остаточный продукт при выветривании массивов ультраосновных пород, реже осадочного происхождения.

Крупные месторождения карбонатов магния и железа известны в Северной Корее, России, Австрии, Китае и др.

Применение карбонатов разнообразное – в сельском хозяйстве (кальцит и доломит), строительном деле, в качестве огнеупорных материалов (магнезит, доломит), получении железа (сидерит).

Сульфаты – производные серной кислоты. К сульфатам относится около 260 минералов, но по своей массе они составляют не более 0,1% от массы земной коры. В основном это сернокислые соли Na, K, Ca, Mg, Ba и некоторых других металлов. Как и карбонаты, сульфаты отличаются светлой окраской, низкой твердостью, малой плотностью. Многие из них содержат в значительном количестве воду (водные сульфаты). По происхождению это морские или озерные химические осадки, реже продукты окисления сульфидов или гидротермальные выделения.

Из сульфатов в курсе геологии рассматриваются ангидрит и гипс. Ангидрит на поверхности присоединяет воду и переходит в гипс, который, попадая на глубину, переходит в ангидрит. Образцы ангидрита, длительно хранящиеся на поверхности, покрываются корками гипса.

Оба минерала имеют широкое распространение. Месторождения их известны в странах СНГ (Россия, Украина, Таджикистан и др.), Европы (Польша, Германия, Франция, Испания, Италия, Греция и др.), Северной Америки (США, Канада, Мексика), Азии и др.

Репозиторий ВГУ

Минералы широко используются для производства вяжущих материалов (цемента), в химической промышленности, медицине (гипс).

Галоиды – соли галогеноводородных кислот HCl, HF и реже HBr и HJ. Из галогенных минералов наиболее распространены соединения хлора, фтора, калия, натрия, магния и кальция: галит, сильвин, карналит, флюорит и др. Из перечисленных солей фториды имеют преимущественно гидротермальное происхождение, остальные – образуются при усыхании солеродных бассейнов. В природе наиболее широко распространены хлориды как в твердом состоянии, так и в твердых растворах, в меньшей мере фториды, а бромиды и йодиды встречаются исключительно в растворах.

Основные месторождения галита находятся в таких странах, как Германия, Польша, Украина, Россия, Египет и Индия; значительными запасами располагает и Беларусь.

Галит применяется в пищевой и химической промышленности для получения натрия, хлора и их производных.

Крупные месторождения сильвина расположены в Германии, США, Канаде, Ливии и странах СНГ – России, Беларуси, Украине, Казахстане.

Применяется сильвин в химической промышленности для получения едкого калия, поташа и др., в медицине, лакокрасочной промышленности, в качестве калийного удобрения и др.

Месторождения флюорита известны в России, Узбекистане, Киргизии, Казахстане, Иране, Монголии, Китае, Германии, Италии, Норвегии, Канаде, США, Австралии и др.

Применяется флюорит в оптике (прозрачный флюорит), металлургии, стекольной и химической промышленности.

Оксиды и гидроксиды представляют собой соединения различных элементов с кислородом или с гидроксильной группой, объединяют около 200 минералов: кварц, опал, гематит, магнетит, лимонит, корунд, пиролюзит, хромит и др. На долю этих минералов приходится до 17% всей массы земной коры. Одни минералы из класса оксидов и гидроксидов относятся к породообразующим минералам (кварц, халцедон, опал), другие – к рудам (гематит, магнетит, лимонит, пиролюзит, хромит).

Твердость минералов этого класса большая, обычно больше 5,5. Плотность находится обычно в соответствии с химическим составом. Блеск чаще неметаллический. Образуются при самых разнообразных процессах, как эндогенных, так и экзогенных. Распространены широко и используются в разных отраслях промышленности и народного хозяйства. Наиболее распространенным оксидом является кварц.

Репозиторий ВГУ

Фосфаты – соли фосфорных кислот. К фосфатам и некоторым родственным им соединениям относятся около 350 минералов, составляющих, однако, менее 1% от массы земной коры. Наиболее распространенными минералами этого класса являются апатит и фосфорит.

Крупнейшее в мире месторождение апатитов находится в России (Хибины), незначительные запасы имеются в Бразилии, Испании, Канаде, США и Швеции.

Месторождения фосфорита известны в странах СНГ (Казахстан, Россия, Украина, Таджикистан), Северной Африки (Марокко, Тунис, Алжир, Египет), Ближнего Востока (Сирия, Иордания, Израиль), США, Индии, Перу и др.

Апатит и фосфорит – сырье в производстве фосфорных удобрений, фосфора и ортофосфорной кислоты; они применяются в керамической промышленности для получения термостойкого фарфора.

Силикаты и алюмосиликаты являются самыми распространенными в земной коре минералами: составляют более 33% всех известных в природе минералов. На долю их приходится более 80% массы всей земной коры.

Силикаты и алюмосиликаты окрашены пестро. Плотность их обычно невелика, твердость в большинстве случаев высокая. Образуются в любых условиях, но преимущественно имеют магматическое происхождение.

Основная структурная единица силикатов – кремнекислородный тетраэдр $[SiO_4]^{4-}$ – обладает четырьмя свободными валентными связями, за счет которых происходит присоединение ионов других химических элементов и кремнекислородных тетраэдров.

В зависимости от характера соединения и расположения кремнекислородных тетраэдров силикаты подразделяются на 5 групп:

1) ***островные силикаты*** представляют собой по структуре вещества из изолированных кремнекислородных тетраэдров с присоединенными к ним ионами других элементов: Mg^{2+}, Fe^{2+}, Ca^{2+}, Mn^{2+}, Al^{3+} и Fe^{3+}. К островным силикатам относят оливин, гранат, топаз;

2) ***кольцевые силикаты*** представляют собой группы из трех, четырех или шести тетраэдров, связанных в кольце. К ним относятся: берилл, турмалин и др.;

3) ***цепочные и ленточные силикаты*** состоят из плоских одинарных (цепочные) или сдвоенных (ленточные) цепочек тетраэдров. Кристаллы имеют форму вытянутых призм с хорошо выраженной спайностью в двух направлениях, параллельных длинной оси. К ним относят минералы группы пироксенов (авгит, эгирин и др.) и амфиболов (роговая обманка и др.);

4) ***слоистые, или листовые, силикаты.*** Ленты соединяются

Репозиторий ВГУ

друг с другом, образуя плоскости. Кристаллы имеют таблитчатый облик, низкую твердость, весьма совершенную спайность параллельно «слоям». Среди листовых силикатов различают собственно силикаты (серпентин, тальк, хлориты, каолинит) и алюмосиликаты (слюды – мусковит, биотит, гидрослюды, монтмориллонит);

5) ***каркасные силикаты.*** В структуре данного типа т.н. непрерывный каркас состоит из связанных между собой через кислороды всех четырех вершин тетраэдров. У тетраэдров нет свободных валентностей, и присоединение к ним других ионов невозможно.

В химическом отношении каркасные силикаты представляют собой алюмосиликаты K, Na и Ca. Это обусловлено тем, что в них часть четырехвалентного кремния заменена на трехвалентный алюминий, чем создается некоторый отрицательный заряд, обеспечивающий присоединение катионов.

Для каркасных силикатов характерна постоянная твердость (5–6) и светлая окраска. К ним относят полевые шпаты и фельдшпатиды.

Полевые шпаты по составу подразделяют на две подгруппы: *калиево-натриевые* (калиевые) и *натрий-кальциевые,* или плагиоклазы. Последние представляют собой непрерывный изоморфный ряд смесей, крайние члены которого носят название *альбит* ($Na[AlSi_3O_8]$) и *анортит* ($Ca[Al_2Si_2O_8]$). Между ними расположены *олигоклаз, андезин, лабрадор, битовнит***.** Как видно из формул, от альбита к анортиту закономерно снижается содержание окиси кремния. По этому признаку плагиоклазы подразделяются на кислые, богатые SiO_2, минералы (альбит, олигоклаз), средние (андезин) и основные (лабрадор, битовнит и анортит) с низким содержанием SiO_2. От калиево-натриевых полевых шпатов плагиоклазы отличаются серой или зеленовато-серой окраской.

К фельдшпатидам относятся алюмосиликаты щелочей, близкие по своему значению в горных породах к полевым шпатам. От последних отличаются низким содержанием кремнезема и высоким – щелочей.

Лабораторная работа № 1

Физико-диагностические свойства минералов

Цель: знакомство с основными физико-диагностическими свойствами минералов и методами их определения.

Задание

Ознакомиться с рабочей коллекцией минералов. Определить физические свойства каждого из представленных образцов. Результаты оформить в виде таблицы.

Репозиторий ВГУ

№ п/п	Физические свойства	Образец № 1	Образец № 2	Образец № …
1	2	3	4	5
1	Минеральный агрегат			
2	Цвет			
…	…			

Оборудование: рабочая коллекция образцов, лупа, бисквит, шкала твердости Мооса, предметное стекло, растворы соляной и азотной кислот различной концентрации, сосуд с водой, спиртовка, скальпель, препарировальные иглы, минералогический молоток.

Лабораторная работа № 2–5

Минералы и их классификация

Цель: изучение основных характеристик минералов различных классов.

Задание

Определить полученные из рабочей коллекции минералы и описать их важнейшие признаки по следующей схеме:

а) название, синоним, химическая формула;

б) рисунок (должен отражать цвет и фактуру представленного образца);

в) физические свойства: цвет, блеск, прозрачность, цвет черты, твердость, плотность, излом, спайность;

г) дополнительные признаки (поведение в кислотах, растворимость в воде, магнитность, горючесть, запах, вкус и т.д.);

д) минеральные агрегаты;*

е) минералы-спутники (парагенезис);

ж) сходство с другими минералами и отличие от них;

з) происхождение (генезис) минерала;

и) практическое применение;

к) крупнейшие месторождения.

*Примечание. Сведения по пунктам д)–к) можно заимствовать из литературных источников.

Оборудование: аналогично лабораторной работе № 1.

Репозиторий ВГУ

Таблица 3

Характеристика минералов

№ пп	Минерал и его химический состав	Плотность, г/см^3	Твердость	Цвет	Блеск	Цвет черты	Спайность	Излом	Прочие признаки
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Самородные элементы									
1	**Графит**, C	2,1–2,2	1	стально-серый, черный	металлический матовый жирный	черная блестящая	совершенная в одном направлении	землистый	жирный на ощупь, пачкает руки, пишет на бумаге
2	**Сера**, S	1–2,1	1–2	желтый	жирный, стеклянный	светло-желтая, белая	несовершенная	раковистый, землистый	легко загорается от спички и горит синим пламенем, издавая резкий запах SO_2
Сульфиды									
3	**Пирит**, FeS_2 (железный, или серный колчедан)	4,9–5,2	6–6,5	латунно-желтый, золотистый	сильный металлический	черная	несовершенная	неровный, раковистый	оставляет черту на стекле
4	**Халькопирит**, $CuFeS_2$ (медный колчедан)	4,1–4,3	3,5–4	латунно-желтый, зеленовато-золотистый	сильный металлический	зеленовато-черная	весьма несовершенная	неровный	наличие розовато-фиолетовой побежалости; стекло не царапает; с азотной кислотой HNO_3 дает зеленый осадок

Репозиторий ВГУ

19

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
5	**Галенит**, PbS (свинцовый блеск)	7,4–7,6	2–3	свинцово-серый	металлический	серовато-черная, блестящая	совершенная по граням куба	ступенчатый	высокая плотность, разлагается в азотной кислоте
6	**Сфалерит**, ZnS (цинковая обманка)	3,9–4,1	3–4	от бесцветного до черного	алмазный, полуметаллический	светлая, желтая, чаще бурая	совершенная в шести направлениях	раковистый	при действии HCl появляется запах сероводорода
7	**Киноварь**, HgS (ртутная обманка)	8,1–8,6	2–2,5	ярко-красный, темно-красный	от алмазного до металлического	красная, багряная	весьма совершенная в одном направлении	неровный, занозистый	встречается в виде примазок, плотных масс и мелких вкраплений
8	**Молибденит**, MoS_2 (молибденовый блеск)	4,6–5	1–1,5	свинцово-серый с голубоватым отливом	металлический	серая, блестящая с голубоватым оттенком	весьма совершенная в одном направлении		встречается в виде листоватых и чешуйчатых агрегатов; пишет на бумаге
9	**Антимонит**, Sb_2S_3 (стибнит, сурьмяный блеск)	4,6–4,7	2–2,5	свинцово-серый	металлический, с сильной побежалостью	серая, темная свинцово-серая	совершенная в одном направлении	мелкораковистый	разлагается в азотной кислоте, при взаимодействии с горячей HCl появляется запах сероводорода
10	**Аурипигмент**, As_2S_3 (желтая мышьяковая обманка)	3,4–3,5	1–2	лимонно- и золотисто-желтый	от алмазного до полуметаллического	ярко-желтая	весьма совершенная в одном направлении		почко- и шарообразные массы с радиально-лучистым строением

Репозиторий ВГУ

20

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Оксиды и гидроксиды									
11	**Кварц**, SiO_2	2,65	7	разнообразная окраска от бесцветного до черного	стеклянный, в изломе жирный	нет	весьма несовершенная	раковистый, неровный	царапает стекло
12	**Халцедон,** SiO_2	2,55–2,65	7	окраска разнообразная	восковый, матовый	нет	отсутствует	раковистый	характерно микроволокнистое строение, просвечивает по краю
13	**Опал**, $SiO_2x\ nH_2O$	2,2–2,3	5–6,5	различный	жирный с внутренним цветным отражением	нет	отсутствует	раковистый	натечные, почковидные образования
14	**Магнетит**, Fe_3O_4 (магнитный железняк)	4,9–5,2	5,5–6,5	железно-черный	тусклый металлический	черная	несовершенная	зернистый	действует на магнитную стрелку
15	**Гематит**, Fe_2O_3 (красный железняк)	4,9–5,3	5,5–6,0	от красно-бурого до железно-черного	от металлического до полуметаличе-ского и матового	вишнево-бурая	отсутствует	раковистый, землистый	немагнитный, но часто содержит магнетит и слабо действует на стрелку; определяющий признак – черта

Репозиторий ВГУ

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
16	**Лимонит**, $Fe_2O_3xnH_2O$ (бурый железняк)	3,6–4	1–5,5	ржаво-желтый, бурый	матовый, полуметаллический	желтовато-бурая	отсутствует	землистый	рыхлые землистые массы, пачкает руки, растворяется в HCl
17	**Корунд**, Al_2O_3	3,99–4,1	9	синеватый, серый, красный	сильный стеклянный	нет	несовершенная	неровный	легко царапает стекло
18	**Пиролюзит**, MnO_2	4,7–5	1–6	железо-черный, стально-серый	матовый, полуметаллический	черная, синевато-черная	совершенная в двух направлениях	неровный	радиально-лучистые агрегаты, корочки, сплошные плотные, землистые или оолитовые массы
19	**Хромит**, $FeCr_2O_4$	4,5–4,8	5,5–6	черный	металлический, жирный	бурая	несовершенная	неровный, раковистый	вкрапленники или сплошные зернистые массы
Галоиды									
20	**Галит**, NaCl	2,1–2,2	2–2,5	бесцветный, белый, различная окраска от примесей	стеклянный, на выветрелой поверхности жирный	белая	совершенная по граням куба	неровный	на вкус соленый, растворим в воде

Репозиторий ВГУ

22

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
21	**Сильвин**, KCl	1,97–1,99	2	белый, бесцветный, благодаря примесям окрашен в красный, голубоватый цвета	стеклянный, на выветрелых разностях жирный	белая	совершенная по граням куба	неровный	в отличие от галита на вкус горько-соленый, жгучий
22	**Флюорит**, CaF_2 (плавиковый шпат)	3–3,2	4	фиолетовый, зеленый, белый и т.д.	стеклянный	белая, реже бледно-фиолетовая	совершенная в четырех направлениях по октаэдру	неровный	в одном кристалле может наблюдаться смена окраски (голубая, зеленая, фиолетовая, белая и т.д.)
Карбонаты									
23	**Кальцит**, $CaCO_3$	2,71	3	прозрачный, белый, различной окраски	стеклянный, на плоскостях спайности перламутровый	белая	совершенная в трех направлениях по ромбоэдру	ступенчатый	бурно реагирует с HCl
24	**Арагонит**, $CaCO_3$	2,95	3,5–4	белый, разной окраски	стеклянный, шелковистый	белая	несовершенная	раковистый, занозистый	бурно реагирует с HCl; волокнистые, столбчатые, скорлуповатые и оолитовые агрегаты

Репозиторий ВГУ

23

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
25	**Магнезит**, $MgCO_3$	3–3,1	3,5–4,5	белый, серый, желтый	стеклянный, матовый	белая	в кристаллических разновидностях совершенная в трех направлениях по ромбоэдру	фарфоровидный (у плотных разностей), раковистый	вскипает при действии подогретой HCl
26	**Доломит**, $CaCO_3$х $MgCO_3$	2,8–2,9	3,5–4	белый, разной окраски	стеклянный, иногда перламутровый	белая	совершенная в трех направлениях по ромбоэдру	землистый	в порошке реагирует с HCl
27	**Сидерит**, $FeCO_3$ (железный шпат)	3,7–3,9	3,5–4,5	серый, желтый, бурый	стеклянный, часто перламутровый	желтовато-белая	совершенная в трех направлениях по ромбоэдру	зернистый, шпатоподобный	от капли нагретой HCl вскипает с шипением, капля холодной HCl желтеет
Сульфаты									
28	**Ангидрит**, $CaSO_4$	2,8–3	3–3,5	белый, серый, голубой	стеклянный, перламутровый	белая, светлая	совершенная в трех взаимно перпендикулярных направлениях	неровный, у мелкокристаллических разностей землистый, зернистый	наличие «рубашки» из гипса, не царапается ногтем

Репозиторий ВГУ

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
29	**Гипс**, $CaSO_4 x\ 2H_2O$	2,3	2	бесцветный, белый, реже красноватый	стеклянный, перламутровый, шелковистый, матовый	светлая, белая	совершенная в одном направлении, средняя в другом	раковистый, у волокнистых разностей занозистый	легко царапается ногтем
Фосфаты									
30	**Апатит**, $Ca_5[PO_4]_3 x$ (F,Cl,OH)	3,1–3,2	5	различный	на гранях стеклянный, в изломе жирный	белая	несовершенная	неровный, раковистый	зернистые массы имеют сахаровидный облик, кристаллы имеют форму шестигранных призм
31	**Фосфорит**, $Ca_5[PO_4]_3 x$ (F,Cl,OH)	3,2	5,6	темно-серый, черный, коричневый, почти белый	матовый, землистый, полужирный, тусклый	серая, светлая	отсутствует	землистый, неровный, в конкрециях радиально-лучистый	встречается в виде шарообразных конкреций; при трении одного куска о другой издает запах жженой кости или сгоревшей головки спички

Репозиторий ВГУ

Таблица 4

Характеристика минералов класса силикаты и алюмосиликаты

№ пп	Минерал и его химический состав	Плотность, г/см^3	Твердость	Цвет	Блеск	Цвет черты	Спайность	Излом	Прочие признаки
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Островные силикаты									
1	**Оливин**, $Mg_2[SiO_4]$ (форстерит) $Fe_2[SiO_4]$ (фаялит)	3,3–3,4	6,5–7	от бесцветного до черного, обычно желто-зеленый, оливиновый, прозрачный	стеклянный	не дает	средняя, несовершенная	неровный, раковистый	высокая твердость, изометричная форма кристаллов
2	**Гранаты**, $(Mg, Fe^{2+}, Mn, Ca)_3 x (Al, Fe^{3+}, Cr)_2 x [SiO_4]_3$	3,5–4,3	7,0–7,5	красный, бурый, зеленый различных оттенков	стеклянный, на изломе жирный	не дает	несовершенная	раковистый, неровный	высокая твердость, изометричная форма кристаллов
3	**Топаз**, $Al_2 (F, OH)_2 x [SiO_4]$	3,4–3,6	8	бесцветный, голубой, желтый, розовый, серовато, зеленоватый	стеклянный	не дает	совершенная в одном направлении	неровный	высокая твердость, совершенная спайность

Репозиторий ВГУ

26

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Цепочные силикаты									
4	**Авгит**, $Ca(Mg,Fe^{2+}, Al, Fe^{3+}) x [(Si, Al)_2O_6]$	3,3–3,6	5–6,5	серо-зеленый, темно-зеленый, бурый до черного	стеклянный	слабая серая, серовато-зеленая	средняя или совершенная под углом, близким к прямому	раковистый	спайность под углом, близким к прямому; коротко-столбчатые формы
5	**Гиперстен**, $(Mg,Fe)_2x [Si_2O_6]$	3,3–3,5	5,0–6,0	серовато-черный, коричневато-зеленый	стеклянный	светлая	совершенная в двух направлениях под углом 87^0		спайность под углом, близким к прямому, коротко-столбчатые формы
Ленточные силикаты									
6	**Роговая обманка**, $Ca_2,Na, (Mg, Fe^{2+})_4 x(Al, Fe^{3+}) (OH, F)_2 x [(Si,Al)_4 O_{11}]_2$	3,1–3,5	5,5–6	зеленый, черно-зеленый, черный	стеклянный, на плоскостях спайности шелковистый	зеленоватая, буроватая, сероватая	совершенная под углом 124^0	занозистый	удлиненные кристаллы, спайность под углом 124^0
Листовые силикаты									
7	**Мусковит** $K,Al_2(OH)_2 [Al, Si_3O_{10}]$	2,7–3,1	2,3	бесцветный, с желтым розовым и серым оттенками	стеклянный, перламутровый, жирные	белая	весьма совершенная в одном направлении		легко расщепляется на тонкие упругие листочки и чешуйки; светлая окраска

Репозиторий ВГУ

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
8	**Биотит**, $K(Mg,Fe^{2+})_3 (OH,F)_2$ x $[AlSi_3O_{10}]$	3–3,1	2-,3	черный, темно-зелено-черный	стеклянный, перламутровый	белая	весьма совершенная в одном направлении		способность расщепляться на тонкие листочки; темная окраска
9	**Тальк**, $Mg_3(OH)_2$ $[Si_4O_{10}]$	2,7–2,8	1	белый, желтоватый, зеленоватый, голубоватый	жирный, на плоскостях спайности перламутровый	белая	весьма совершенная в одном направлении		низкая твердость, жирный на ощупь
10	**Хлорит**, $(Fe^{2+},Mg)_5$ $Al(OH)_8x[AlSi_3O_{10}]$	2,6–2,8	2,0–2,5	зеленый, темно-зеленый	стеклянный до перламутрового, жирноватый	белая, зеленоватая	весьма совершенная в одном направлении	неровный	зеленый цвет, низкая твердость
11	**Каолинит**, $Al_4(OH)_8x[Si_4O_{10}]$	2,58–2,6	1–2,5	белый, слегка желтоватый, сероватый	тусклый, матовый, в чешуйках перламутровый	белая, жирная	совершенная	землистый	сильно гигроскопичен, жирен на ощупь; размокает в воде, образуя пластичную массу; низкая твердость
12	**Глауконит**, $K(Fe^{3+}$, Al, Fe^{2+}, $Mg)_{2-3}(OH)_2$ $[AlSi_3O_{10}]x$ nH_2O	2,2–2,8	2–3	темно-зеленый, зеленовато-серый	стеклянный, жирный, матовый	зеленоватая	совершенная в одном направлении (в крупных агрегатах)	неровный	зеленый цвет; мелкие листочки, мелкие сферолитики; растворяется в концентрированной HCl

Репозиторий ВГУ

28

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
13	**Серпентин**, $Mg_6(OH)_8$ x $[Si_4O_{10}]$	2,5–2,7	2,5–3	светло-зеленый, зеленый, буро-черный с желтыми пятнами	стеклянный, жирный, шелковистый	белая или зеленоватая	отсутствует, совершенная у кристаллов разновидности авгита	неровный в сплошных массах, у волокнистых разностей занозистый	пятнистая окраска с желтоватым искристым отливом
14	**Асбест**, (по химическому составу близок к серпентину)	2,22	2–3	зеленовато-желтый с золотистым отливом, иногда белый, редко бурый	шелковистый	не дает	совершенная в одном направлении	занозистый	легко расщепляется на тонкие, гибкие, прочные нити, напоминающие шелк
Каркасные силикаты (группа полевых шпатов)									
15	**Ортоклаз**, $K[AlSi_3O_8]$	2,56–2,58	6–6,5	белый, кремовый, голубовато-серый, розовый, красно-желтый	стеклянный	нет	совершенная в двух направлениях под углом 90^o	ступенчатый, неровный	полевые шпаты макроскопически трудно различимы
16	**Микроклин,** $K[AlSi_3O_8]$	2,6	6–6,5	цвет ортоклаза, у амазонита – зеленоватый	стеклянный, на плоскостях спайности слегка перламутровый	нет	совершенная в двух направлениях почти под прямым углом (от прямого угла отличается на $3,5\text{-}4^o$)	ступенчатый, неровный	полевые шпаты макроскопически трудно различимы

Репозиторий ВГУ

29

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
17	**Альбит,** $Na[AlSi_3O_8]$	2,62	6–6,5	белый, сероватый, желтоватый, иногда бесцветный,	стеклянный, перламутровый	нет	совершенная в двух направлениях под косым углом (<90°)	раковистый, неровный	часто встречается в виде сплошных зернистых мраморовидных масс
18	**Лабрадор**, $Na[AlSi_3O_8]$ (30%) $Ca[Al_2Si_2O_8]$ (70%)	2,72	6	серый, темно-серый, зеленовато-серый, реже коричневый	стеклянный, жирный, на плоскостях спайности перламутровый	нет	совершенная в двух направлениях	раковистый, неровный	на плоскостях спайности наблюдается яркая игра цветов – иризация в синих, красноватых или зеленых тонах
Фельдшпатиды									
19	**Нефелин**, $Na_3K[AlSiO_4]_4$	2,55–2,65	5,5–6,0	бесцветный, серый, грязно-желтый, зеленовато-серый, красноватый, коричневый	жирный на изломе, на гранях кристаллов – стеклянный	нет	несовершенная	плоскораковистый	не встречается с кварцем, жирный блеск на изломе

Репозиторий ВГУ

30

1.2. Основы учения о горных породах

1.2.1. Общие сведения

Горными породами называют естественные ассоциации минералов, образовавшиеся в земной коре или на ее поверхности в результате физико-химических и геологических процессов. Породы могут состоять из одного минерала – мономинеральные горные породы (например, мрамор, кварцит), или из нескольких – полиминеральные горные породы (гранит, диорит).

Горные породы характеризуются составом и строением – структурой и текстурой, которые зависят от условий образования.

Под **структурой** понимают строение минерального агрегата, т.е. степень его кристалличности, форму и размеры минеральных зерен (или обломков), слагающих данную породу. Основные типы структур приведены в табл. 5.

Текстура – это совокупность признаков строения породы, обусловленная относительным расположением и распределением составных частей породы в пространстве. Основные типы текстур приведены в табл. 6.

1.2.2. Классификация горных пород

По происхождению все горные породы подразделяются на три группы:

1) **магматические** (или изверженные) – породы, образовавшиеся из застывшего силикатного расплава – магмы;

2) **осадочные** – породы, образующиеся на поверхности земли;

3) **метаморфические** – породы, образующиеся из магматических и осадочных пород при воздействии на них высоких температур и давлений, а также различных газообразных и жидких веществ.

1.2.3. Магматические горные породы

Магматические породы составляют основную часть земной коры, занимая более 90% ее объема. По условиям образования среди магматических горных пород различают **интрузивные** (глубинные), **эффузивные** (излившиеся, вулканические) и **пирокластические** (твердые выбросы вулканов). Глубинные горные породы в свою очередь подразделяются на **абиссальные** (собственно глубинные), **гипабиссальные** (полуглубинные) и **жильные,** которые возникают при затвердевании магмы в трещинах или полостях, имеющих небольшие размеры.

Репозиторий ВГУ

Таблица 5

Типы структур горных пород

Магматические		Осадочные			Метаморфические
По кристаллизации	По размерам кристаллов, мм	Обломочные (размеры зерен, мм)	Глинистые (толщина, мм)	Карбонатные (размеры зерен, мм)	
По степени кристаллизованности: *– равномернозернистая;* – неравномернозернистая; – полустекловатая, стекловатая *По относительным размерам кристаллов* (для неравномернозернистых): – порфировая; – порфировидная	Гигантозернистая, >10 Крупнозернистая, >3 Среднезернистая, 3–1 Мелкозернистая, 1–0,1 Тонкозернистая, <0,1 Афанитовая (невидимая невооруженным глазом)	Псефитовая (грубообломочная), >2 Псаммитовая (песчаная), 0,1–2 Алевритовая (пылеватая), 0,1–0,01 Пеллитовая (глинистая), <0,01	Глыбовая Комковатая Ореховидная Слоистая Столбчатая Плитчатая (1–2) Сланцеватая (0,3–0,5) Листоватая (0,1–0,3) Чешуйчатая (>0,1) Ленточная Макропористая	Обломочная Органогенная Зернистая: крупная, >0,5; средняя, 0,25–0,5; мелкая, 0,01–0,25 Микрозернистая (невидимая невооруженным глазом) Оолитовая	Гранобластовая Роговиковая Зубчатая Милонитовая Волокнистая

Таблица 6

Текстуры горных пород

Магматические	Осадочные			Метаморфические
	Сцементированные	Глинистые	Карбонатные	
Массивная (однородная) Флюидальная Сланцеватая Пористая Миндалекаменная	Беспорядочная Слоистая: – тонкослоистая (2–10 см); – листоватослоистая (0,2–2 см). Микрослоистая (<0,2 см)	Глыбовая Комковатая Ореховидная Слоистая Столбчатая Плитчатая Сланцеватая Листоватая Чешуйчатая Массивная	Массивная Плотная Слоистая (сланцеватая) Пористая Кавернозная Пятнистая Беспорядочная	Очковая Гнейсовидная Сланцеватая Плойчатая

Репозиторий БГУ

Пирокластические породы представляют собой скопления твердых продуктов вулканических извержений. В зависимости от размера частиц, составляющих породы, различают вулканические бомбы (> 200 мм), лапилли (200–2 мм), вулканический песок (2–0,1 мм) и вулканический пепел (< 0,1 мм). При содержании в породах пирокластического материала более 90% их называют туфом (спекшиеся породы – агломератовым туфом), от 30 до 90% – туффитом, от 10 до 30% – туфогенной породой.

Магматические породы по химическому составу, а именно, по содержанию кремнезема – SiO_2, подразделяются на: **кислые** (SiO_2 более 64%), **средние** (64–53%), **основные** (53–45%) и **ультраосновные** (менее 45%) породы.

Классификация и краткая характеристика магматических горных пород приведена в табл. 7.

Лабораторная работа № 6

Магматические горные породы

Цель: изучение основных характеристик наиболее распространенных магматических горных пород.

Задание

Ознакомиться с рабочей коллекцией магматических горных пород. Определить полученные образцы и описать их по следующей схеме:

а) название горной породы, состав по содержанию SiO_2 (порода кислая, средняя, основная, ультраосновная);

б) цвет, минеральный состав (качественный и количественный), структура, текстура;

в) условия образования (интрузивная, эффузивная, жильная, пирокластическая);

г) практическое значение.

Оборудование: рабочая коллекция горных пород, лупа, молоток минералогический.

Репозиторий ВГУ

Таблица 7

Характеристика основных, наиболее распространенных типов магматических пород

Химический состав	Кислые, SiO_2>64%	Средние, SiO_2 – 64–53%	Основные, SiO_2 – 53–45%		Ультраосновные, SiO_2 <45%
Условия образования (структура)	Минеральный состав (основные породообразующие минералы)				
	с полевыми шпатами				**без полевых шпатов**
	с калиевыми полевыми шпатами		с плагиоклазами		оливин, пироксены (гиперстен, авгит)
	кислые плагиоклазы	средние плагиоклазы	средние плагиоклазы	основные плагиоклазы	
	ортоклаз, микроклин, слюда, роговая обманка	ортоклаз [нефелин], роговая обманка	роговая обманка	пироксены	
	с кварцем (до 50%)	**без кварца**	**без кварца**	**без кварца**	**без кварца**
Интрузивные (полнокристаллическая)	гранит, гранодиорит	сиенит [нефелиновый сиенит]	диорит	габбро	перидотит, дунит, пироксенит
Эффузивные (неполнокристаллическая, афанитовая, стекловатая, порфировая)	липарит, обсидиан, пемза, кварцевый порфир	трахит, ортофир	андезит, андезитовый порфирит	базальт, диабаз	пикрит, кимберлит, пикритовый порфирит
Жильные	пегматиты		очень редкие		
Плотность, г/см^3	2,5–2,7	2,7–2,9		2,9–3,1	3,1–3,25
Цвет	светло-серые, розовые, красные	серые, зеленовато-серые, темно-серые		темно-серые, черные	темно-зеленые, черные

Репозиторий ВГУ

34

1.2.4. Осадочные горные породы

Осадочные горные породы залегают на поверхности земли, занимая до 75% ее площади. Их образование происходит примерно по следующей схеме: **разрушение** ранее существовавших (материнских) пород → **перенос** продуктов разрушения → **накопление** (осаждение) перенесенных продуктов в виде воздушного или водного осадка → **преобразование** первичных осадков в горную породу, называемое **диагенезом**. Эти процессы протекают в поверхностных частях земной коры и на самой поверхности (как на суше, так и в водных бассейнах) при невысоких температурах и давлении, близком к атмосферному, под влиянием физико-химических агентов атмосферы, гидросферы и литосферы, а также при участии организмов.

В зависимости от происхождения и исходного вещества выделяются следующие типы осадочных пород: **обломочные, глинистые, хемогенные** и **органогенные** (биогенные).

По условиям формирования осадочные породы делят на **морские** и **континентальные** (речные, ледниковые, коры выветривания и др.). Свойства осадочных пород в значительной степени определяются их минеральным составом, а также структурой и текстурой (табл. 5, 6). Первый признак является определяющим при описании хемогенных и органогенных пород. В обломочных породах могут присутствовать обломки любых минералов и горных пород.

Отличительная особенность многих осадочных пород – **слоистость**. При этом характер слоистости часто указывает на условия осадконакопления. Так, например, **параллельная** слоистость характерна для морских и озерных осадков, **косая** – для речных, **диагональная** – для прибрежно-морских. Мощность отдельных слоев может колебаться от миллиметров до десятков и даже сотен метров.

Нередко осадочные породы содержат палеофаунистические и палеофлористические остатки или отпечатки, по которым возможно установить относительное время их образования.

Важное значение осадочные отложения имеют для формирования различных **почв**. Они служат их средой и основанием. Характер их залегания относительно спокойный, обусловливающий более или менее равнинный рельеф и сравнительно незначительную изрезанность поверхность земли.

Обломочные горные породы

В основу классификации осадочных обломочных пород положены форма и размер обломков. По форме обломков различают **окатанные** и **неокатанные** породы. Окатанность материала свидетельствует о длительности транспортировки или времени формирования осадка. По

Репозиторий ВГУ

величине обломков породы подразделяются на крупнообломочные (**псефиты**), песчаные (**псаммиты**) и пылеватые (**алевриты**).

Обломочные породы могут быть сцементированными и рыхлыми. Сцементированные окатанные псефиты называются **конгломератами**, а неокатанные – **брекчией**. Сцементированные псаммиты и алевриты называются соответственно **песчаниками** и **алевролитами.**

Цемент может быть карбонатным, глинистым, железистым, фосфатным, кремнистым и т.д. Наиболее прочным является кремнистый цемент, наименее прочный – глинистый.

Если цементирующая масса преобладает, цемент именуется **базальным**, если преобладают обломки – **поровым.**

Характеристика обломочных горных пород приведена в табл. 8, 9.

Глинистые осадочные породы

Глинистые породы (пелиты) пользуются широким распространением и составляют около 60% общего объема осадочных пород. По своему происхождению они занимают промежуточное положение между чисто химическими и обломочными. Состоят из частиц меньше 0,01 мм и содержат обычно свыше 30% тончайших частиц, размером менее 0,001 мм. В большинстве случаев глинистые породы образуются в результате выветривания магматических и других пород. Эти продукты выветривания могут накапливаться на месте своего возникновения (**остаточные глины**), но чаще всего выносятся текучими водами и откладываются в морях, озерах, реках (**осадочные глины**). Последние характеризуются хорошей сортированностью и преобладанием частиц размером менее 0,005 мм. Иногда глины осадочного происхождения называют **жирными,** а когда в их состав входит значительное количество песчаных и обломочных частиц – **тощими.** В состав глин входят глинистые минералы, образующиеся при химическом выветривании: каолинит, монтмориллонит и др., а также обломочные частицы, состоящие из зерен кварца, полевых шпатов, слюд и других минералов. Кроме того, в составе глин присутствуют гидроокислы железа, карбонаты, сульфаты и другие соединения. Часто в глинах содержится органическое вещество.

Различный минеральный состав и размер глинистых частиц находят отражение в разнообразии их окраски и свойств. Различают глины **чистые, битуминозные, песчанистые, известковистые, кремнистые** и др., имеющие различное применение. Однако, независимо от состава, глины обладают рядом общих признаков: **пластичностью, связностью, слабой водопроницаемостью, липкостью, способностью при смачивании поглощать воду** и **разбухать.** При увлажнении, если подышать на них, издают землистый запах (запах «печки»). В сухом состоянии глины имеют землистый характер,

Репозиторий ВГУ

обычно легко растираются между пальцами в тончайший порошок; реже они крепкие. После обжига глины дают каменистую массу.

Таблица 8

Характеристика обломочных и глинистых осадочных пород

Группа пород	Размер обломков, мм	Наименование пород				Происхождение
		окатанные		неокатанные		
		рыхлые	сцементированные	рыхлые	сцементированные	
Крупнообломочные (псефитовые)	100–1000 10–100 2–10	валуны галька гравий	Конгломерат: валунный галечниковый гравелит	глыбы щебень дресва	Брекчия: глыбовая щебенистая дресвяная (дресвит)	Ледниковое, морское, речное
Песчаные (псаммитовые)	1–2 1–0,5 0,5–0,25 0,25–0,1	Песок: **гравелистый** (доля частиц >2 мм составляет 25%) **крупный** (доля частиц >0,5 мм составляет >50%) **средний** (доля частиц >0,25 мм составляет >50%) **мелкий** (доля частиц >0,25 мм составляет >75%)	Песчаник: грубозернистый крупнозернистый среднезернистый мелкозернистый	–	–	Водноледниковое, речное, озерное, морское, эоловое
Пылеватые (алевритовые)	0,1–0,01	алеврит	алевролит	–	–	–//–
Глинистые (пелитовые)	<0,01	глина	аргиллит	–	–	Остаточные и переотложенные коры выветривания, ледниковое, морское, озерное, речное

Глинистые породы в процессе уплотнения, дегидратации и цементации преобразуются в **аргиллиты**. Это темные, плотные, камнеподобные, нередко имеющие слоистое строение, породы. В отличие

Репозиторий ВГУ

от глин они не размокают в воде, не обладают пластичностью, липкостью, влагоемкостью.

Таблица 9

Характеристика состава обломков, цемента (заполнителя) и их соотношение

Факторы	Сцементированные породы	Рыхлые породы
Состав обломков	По *происхождению*: магматические, метаморфические, осадочные. По *минеральному составу песчаных частиц*: кварцевые, полевошпатовые, кварц-полевошпатовые, глауконитовые, известняковые и т.д.	
Состав цемента (заполнителя)	Цемент: кремнистый, глинистый, кварцевый, карбонатный, железистый, сульфатный и т.д.	Заполнитель: глинистый, песчаный (кварцевый, известковистый и т.д.), пылеватый и др.
Соотношения обломков и цемента (заполнителя)	Цемент: *базальный* – обломки погружены в цемент и между собой не соприкасаются; *поровый* – цемент заполняет свободное пространство соприкасающихся обломков; *соприкосновения* – цемент находится лишь в местах соприкосновения обломков.	Заполнитель*: обволакивающий* – обломки окружены заполнителем со всех сторон; *заполняющий* – заполнитель находится в промежутках между соприкасающимися обломками; *контактовый* – заполнитель находится только в точках соприкосновения обломков.

Осадочные горные породы химического и органического происхождения

Породы этой группы отличаются яркими индивидуальными морфологическими и геохимическими особенностями и, как правило, являются полезными ископаемыми. Среди них могут быть выделены следующие основные типы: карбонатные, кремнистые, соляные (галогенные), фосфатные, железистые породы, каустобиолиты.

К широко распространенным **карбонатным породам** относятся **известняки** и **доломиты**. Наиболее простым способом определения карбонатных пород в полевых условиях является реакция с 5%-ной HCl. В отличие от бурного вскипающего известняка доломит в куске на холоде с кислотой не реагирует или реагирует слабо, тогда как в порошке вскипает заметно.

Известняк – порода, состоящая преимущественно из кальцита. В качестве примесей присутствуют доломит, магнезит, кварц, сидерит, пирит, глинистые минералы и др.

Репозиторий ВГУ

Выделяют четыре типа известняков: **обломочные** (карбонатные обломки в карбонатном цементе), **органогенные** (раковины и их обломки), **химические** (известковые туфы и оолитовые известняки) и **смешанные** (в своем составе содержат различный известковый материал: органогенный, хемогенный и обломочный).

По наличию примесей выделяют известняки доломитизированные, песчанистые, глинистые, битуминозные, глауконитовые, железистые и др. Во многих известняках, как и доломитах, присутствуют конкреции кремня.

Весьма своеобразными представителями карбонатных пород являются **мел** и **известковые туфы** (травертины). Мел характеризуется белым цветом, однородностью, малой твердостью и мелкозернистостью. Он сложен в значительной части (10–75%) одноклеточными известковыми водорослями (кокколитофоридами), фораминиферами (5–6%, иногда до 40%) и другими органическими остатками.

Травертины – это пористые породы, образующиеся в результате хемогенного осаждения $CaCO_3$ водами источников.

Кремнистые породы, состоящие в основном из кремнезема, достаточно широко распространены в осадочных толщах. Главные представители – **диатомиты, трепелы, опоки, яшмы** и **кремни.**

Среди **соляных пород** наиболее распространенными являются **каменная соль** (галит), **гипс** и **ангидрит.**

Фосфатные породы, или фосфориты, обычно представляют собой пески, глины, карбонатные и другие породы, сцементированные фосфорнокислой известью $Ca_5(PO_4)_3(Cl,F)$, содержат от 12% до 40% P_2O_5. По форме залегания они бывают: **конкреционные** (желваковые) и **пластовые**.

Аллитовые породы. В этих породах содержание окислов алюминия Al_2O_3 превышает содержание кремнезема SiO_2. Среди них выделяют **бокситы** – породы, образовавшиеся при химическом выветривании пород, богатых алюмосиликатами, в условиях жаркого влажного, переменно-влажного климата и путем выпадения из водных растворов в прибрежной полосе морей, озер. Чаще всего бокситы имеют землистое, плотное или оолитовое строение. Цвет их может быть светло-желтым, красно-бурым, красным, белым и др.

Каустобиолиты представляют большую группу органогенных горных пород и минералов. Среди них различают **твердые** (торф, ископаемые угли, горючие сланцы, асфальт, янтарь и др.), **жидкие** (нефть) и **газообразные** (горючие газы) разновидности. Твердые каустобиолиты формируются в две стадии: во время первой – растительный остаток превращается в торф, во вторую – захороненный под толщей осадков торф преобразуется в бурый, затем в каменный уголь

Репозиторий ВГУ

и антрацит. Продолжительность первой стадии исчисляется тысячелетиями, второй – миллионами и десятками миллионов лет.

Торф – это более или менее рыхлая, слабо уплотненная, пористая порода бурого или черного цвета, содержащая полуразложившиеся растительные остатки. Органическое вещество торфа содержит 28–35% углерода, 30–38% кислорода и 5–5,5% водорода. В зависимости от состава растений различают торф: сфагновый, гипновый, осоковый, тростниковый и др.

Бурый уголь (лигнит) – порода, состоящая из хорошо разложившихся остатков древесной растительности. Содержание углерода достигает в нем 78%. Представляет собой плотную, легкую (плотность 1,2–1,3 г/см^3) породу, коричневого, бурого или черного цвета, пачкающую руки, дающую светло-бурую, бурую или буро-черную черту, с землистым или нечетко выраженным раковистым изломом.

Каменный уголь – твердая, плотная порода черного, иногда черно-серого цвета с жирным (слоистым), металловидным (блестящие угли) или матовым блеском, пачкающая руки, дающая матовую черную черту. Содержание углерода достигает 85%, плотность – 1,0–1,8 г/см^3, твердость 2–3.

Антрацит – ископаемый уголь наиболее высокой степени метаморфизма. Цвет черный. Блеск сильный, металловидный. Излом неровный, реже полураковистый. Дает черную черту. Рук не пачкает. Твердость около 3, плотность 1,4–1,8 г/см^3. Содержание углерода 92–97%.

Бурые и каменные угли озерно-болотного происхождения называются **лимническими**. Угли, образовавшиеся из торфяников в прибрежной полосе морей, называются **паралическими.**

Горючие сланцы – глинистые, песчанистые или известковистые породы сланцеватого строения, обогащенные до 60% органическим веществом. Характеризуются светло-серой, серовато-коричневой, бурой и темно-бурой (до черной) окраской. В сухом виде легко загораются от спички и горят коптящим пламенем, издавая характерный битуминозный запах. От глинистых сланцев отличаются меньшей плотностью и горючестью.

Асфальт – плотное буровато-черное битуминозное вещество с сильно смолистым блеском и раковистым изломом. Обладает сильным битумным запахом. Легко плавится и загорается. Плотность 1–1,2 г/см^3.

Нефть – смесь жидких и газообразных углеводородов. По внешнему виду – это легкая маслянистая жидкость от светло-желтого до темно-бурого и черного цвета с резким характерным запахом. Плотность нефти 0,7–1,0 г/см^3.

Репозиторий ВГУ

Лабораторная работа № 7–8

Осадочные горные породы

Цель: изучение основных характеристик осадочных горных пород различных типов происхождения.

Задание

Ознакомиться с рабочей коллекцией осадочных горных пород. Определить и описать полученные образцы по следующим схемам:

- **для обломочных и глинистых пород** – название породы, цвет, состояние (рыхлая, сцементированная), размер слагающих обломков и их состав, степень окатанности, структура и текстура, тип и состав цемента (для сцементированных пород), пластичность (для глинистых пород), дополнительные признаки (реакция с HCl, прочность, излом, мажущие свойства, липкость, запах, растворимость и т.д.), практическое применение;
- **для пород химического происхождения** – название породы, цвет, состав, размер зерен, структура, текстура, дополнительные признаки (плотность, реакция с HCl, мажущие свойства, гигроскопичность, растворимость и т.д.), применение;
- **для пород органогенного происхождения** – название породы, цвет, природа (органогенная, детритовая), породообразующие организмы, структура, текстура (плотная, пористая и т.д.), состав цемента, дополнительные признаки (плотность, излом, прочность, реакция с HCl и т.д.), применение;
- **для каустобиолитов** – название, состав и степень разложения органического вещества, дополнительные признаки (плотность, прочность, блеск, излом, мажущие свойства, горючесть, запах, окрашивание воды и т.д.), применение.

Оборудование: рабочая коллекция образцов, геологический молоток, нож (скальпель), лупа, раствор HCl различной концентрации, предметное стекло, сосуд с водой, спиртовка.

1.2.5. Метаморфические горные породы

Метаморфические породы образуются в результате значительной переработки магматических или осадочных пород в глубинных зонах земной коры. В процессе метаморфизма меняется структура и текстура исходной породы, ее минералогический и часто химический состав, но перекристаллизация и образование новых минералов в результате перераспределения атомов происходит без существенного расплавления, т.е. в твердом состоянии. Основными факторами мета-

Репозиторий ВГУ

морфизации являются температура, давление и состав циркулирующих через породы растворов и газов. Выделяют два основных типа метаморфизма – **региональный** (метаморфизации подвергаются большие объемы пород за счет общего и глубинного «регионального» их погружения) и **локальный** (охватывает небольшие участки земной коры и связан с локальным воздействием каких-либо факторов: внедрение интрузий, воздействие постмагматических газов и растворов на застывшие ранее магматические породы и т.д.). В метаморфических породах относительно невысоких степеней изменения удается установить первичную природу исходных пород – осадочных или магматических. В связи с этим породы, образующиеся из осадочных отложений, называют **парапородами** (например, парагнейс), а из магматических – **ортопородами** (например, ортогнейс). В минеральном составе метаморфических пород значительное место занимают минералы, типичные для магматических пород, – кварц, полевые шпаты, слюды, амфиболы, пироксены. Минералы осадочных пород, включая некоторые обломочные, обычно не сохраняются, особенно при средних и высоких степенях метаморфизма. Своеобразием метаморфических пород является образование свойственных только им минералов (дистен, турмамлин, ставролит и т.д.) или значительное распространение минералов, которые в других породах имеют сугубо подчиненное значение (сфен, гранат, апатит и др.). Общим признаком метаморфических пород является их полнокристаллическое строение. Структуры формируются в процессе перекристаллизации горной породы в твердом состоянии (бластез). Это, так называемые, кристаллические структуры. Наиболее характерные текстуры: сланцеватая, плойчатая, пятнистая, чешуйчатая, массивная. В табл. 10 приведена характеристика основных метаморфических горных пород.

Лабораторная работа № 9

Метаморфические горные породы

Цель: изучение основных характеристик наиболее распространенных метаморфических горных пород.

Задание

Ознакомиться с рабочей коллекцией метаморфических горных пород. Определить полученные образцы и описать их по схеме: название, цвет, состав, структура, текстура, степень метаморфизма, дополнительные признаки (плотность, излом, прочность, реакция с HCl и т.д.), применение.

Оборудование: аналогично лабораторным работам №№ 7, 8.

Репозиторий ВГУ

Таблица 10

Характеристика метаморфических горных пород

Название пород	Основные минералы	Цвет	Структура	Текстура	Типы метаморфизма	Исходные породы	Дополнительные признаки
1	2	3	4	5	6	7	8
Кварциты	Кварц, примеси	Чистый: серый, желтый, розовый. С примесями: красно-бурый, малиновый	Полнокристаллическая, разнозернистая, обычно мелкозернистая	Массивная, плотная	Региональный	Кварцевые песчаники	Большая твердость (7), жирноватый блеск, иногда раковистый излом
Гнейсы: ортогнейс парагнейс	Полевые шпаты, кварц, биотит, мусковит, амфиболы, пироксены	Светлый, пестрый (полосчатый)	Разнозернистая, гнейсовая	Гнейсовидная, полосчатая, сланцеватая, очковая	Региональный	Граниты, сиениты. Глинистые сланцы.	Породообразующие минералы ориентированы перпендикулярно направлению давления, образуя характерную гнейсовидную или очковую текстуру
Мраморы	Кальцит, доломит, примеси	Белый, серый, желтый, бурый, розовый	Полнокристаллическая, зернистая	Массивная, плотная, мозаичная	Локальный, региональный	Известняки, доломиты	Реакция с соляной кислотой образца (кальцит) или порошка (доломит)
Сланцы (кристаллические сланцы)*	Полевые шпаты, слюда, кварц, роговая обманка, тальк и др.	Различный	Кристаллическая	Сланцеватая	Региональный	Мергели, глинистые сланцы, граниты и основные магматические породы	Текстура пород обычно совершенная сланцеватая, характерен узловатый, рваный излом

Репозиторий ВГУ

43

1	2	3	4	5	6	7	8
Серпентиниты (змеевики)	Серпентин с примесью магнетита, хромита	Оливково-зеленые, темно-зеленые, буро-зеленые	Пятнистая	Массивная плотная	Региональный, локальный	Ультраосновные магматические породы (дунит, перидотит)	Неровный до раковистого излом; блеск жирный, восковый, часто с прожилками асбеста
Амфиболиты	Роговая обманка, плагиоклаз, могут входить эпидот, гранат, дистен, слюды и др.	От серо-зеленого до черно-зеленого	Полнокристаллическая мелко- и среднезернистая	Массивная, реже сланцеватая	Региональный	Средние и основные магматические породы, мергель	В составе породы присутствуют гранаты, пироксены и биотит
Скарны	Гранат, пироксен, плагиоклаз	Различный, пестрый, часто темный	Весьма крупнозернистая	Массивная	Локальный	Известняки, доломиты, кислые и средние магматические породы	Главные составные части: гранаты, пироксены, плагиоклазы
Роговики	Кварц, слюда (биотит), присутствуют гранат, магнезит, полевые шпаты и др.	Бурый, черный	Полнокристаллическая, мелкозернистая	Массивная, плотная	Локальный	Песчано-глинистые осадочные, кислые магматические породы	Нередко обладают пятнистостью и обнаруживают раковистый, матовый излом

* Известны многочисленные разновидности сланцев по минеральному составу (слюдяные, в т.ч. биотитовые, мусковитовые и двуслюдяные, хлоритовые, тальковые и др.). Выделяют филлиты – глинисто-слюдяные сланцы, гранулиты и другие разновидности. Слюдяные сланцы имеют светлую окраску, хлоритовые и тальковые – зеленую, глинистые – бурую, сланцы с органическим веществом – серую до черной.

Репозиторий ВГУ

44

Вопросы для самоконтроля к разделу 1

1. Что такое минералы? Каково значение минералов в строении земной коры?
2. Как подразделяются минералы по условиям образования?
3. Каким образом свойства минералов зависят от кристаллической структуры?
4. Что понимают под сингонией кристаллов?
5. В чем отличие простых форм кристаллов от сложных?
6. Охарактеризуйте формы нахождения минералов в природе.
7. Какими физическими свойствами обладают минералы? Какие из них используют для быстрого определения минералов?
8. Что лежит в основе современной классификации минералов?
9. Назовите основных представителей самородных элементов и минералов класса сульфиды. Как они образуются и где применяются?
10. Назовите основных представителей минералов классов окислы и гидроокислы, карбонаты, фосфаты, сульфаты и галоиды? Каково их значение в народном хозяйстве?
11. Дайте общую характеристику минералов класса силикаты. Приведите примеры.
12. Что такое горные породы, и какая наука занимается их изучением?
13. Что понимают под структурой и текстурой горных пород?
14. Как горные породы подразделяются в зависимости от происхождения?
15. Дайте краткую характеристику и приведите примеры магматических горных пород различных условий образования.
16. Как подразделяются магматические породы в зависимости от содержания кремнезема? Приведите примеры.
17. Какое практическое применение имеют магматические горные породы?
18. Какие горные породы называют осадочными?
19. Каковы условия образования осадочных горных пород?
20. Какие типы осадочных горных пород выделяют в зависимости от условий образования и исходного материала? Приведите примеры.
21. Охарактеризуйте структурно-текстурные особенности осадочных горных пород.
22. Что положено в основу классификации обломочных горных пород? Приведите примеры.
23. Охарактеризуйте глинистые горные породы. Как они образуются?
24. Охарактеризуйте морфологические и геохимические особенности осадочных пород химического и органогенного происхождения. Приведите примеры.
25. Каково народнохозяйственное значение осадочных горных пород?
26. Как образуются метаморфические горные породы?
27. Назовите основные типы метаморфизма.
28. Охарактеризуйте минеральный состав основных представителей метаморфических горных пород.
29. В чем заключаются структурно-текстурные особенности метаморфических горных пород?
30. Какое практическое применение имеют метаморфические горные породы?

Репозиторий ВГУ

РАЗДЕЛ 2. ОСНОВЫ ИСТОРИЧЕСКОЙ ГЕОЛОГИИ

2.1. Периодизация геологической истории Земли

История развития земной коры насчитывает 3,5–4 млрд лет. Это время в жизни Земли называют геологическим. Каждому слою соответствует определенный отрезок времени, в течение которого шло его образование. Различают геологический хронометрический (абсолютный) и относительный возраст горных пород. Первый выражается в годах. В качестве геологического хронометра используют процесс радиоактивного распада (аргоновый, свинцовый, радиоуглеродный и др.), скорость которого не зависит от внешнего воздействия. Относительная геохронология устанавливает последовательность геологических событий на основании данных стратиграфии и палеонтологии.

Определение относительного возраста горных пород возможно только в том случае, если они заключают остатки наиболее характерных для данного пласта ископаемых организмов, живших в эпоху его формирования. Виды, роды, классы, семейства животных или растительных организмов, которые являются определяющими при оценке возраста пластов, называются руководящими ископаемыми. Таким образом, каждому интервалу геологического времени отвечает довольно ограниченный комплекс руководящих форм, которые характеризуются:

- значительной изменчивостью во времени и недолговечностью существования;
- обилием особей и широким распространением на Земле;
- хорошей сохранностью и специфическими отличительными чертами твердых частей скелета.

Детальный анализ эволюции органического мира позволил разработать геохронологическую шкалу основных этапов истории Земли. В соответствии с геохронологией находится стратиграфическая шкала. Если геохронологическая шкала определяет длительность и закономерную последовательность этапов исторического развития Земли, то стратиграфическая шкала отражает последовательность отложений и их соподчиненность. В табл. 11 приведено соотношение основных геохронологических и стратиграфических подразделений, т.е. единиц времени и соответствующих комплексов пород, сформировавшихся в течение этого времени. Согласно принятой шкале в течение эры формировался комплекс пород, называемый эратемой, в течение периода – комплекс, называемый системой, и т.д.

В истории Земли, разбитой на отрезки на основе анализа биологической эволюции, выделяют три крупнейших этапа – эоны, которые, в свою очередь, делятся на эры, периоды, эпохи, века и более дробные хронологические интервалы.

Репозиторий ВГУ

Таблица 11

Соотношение геохронологических и стратиграфических подразделений

ГЕОХРОНОЛОГИЯ	СТРАТИГРАФИЯ
Эон	Эонотема
Эра	Эратема
Период	Система
Эпоха	Отдел
Век	Ярус
Фаза	Зона
Пора*	Звено*

** – подразделения выделяются только в четвертичной системе.*

Первые два эона (эонотемы) – архейский (греч. «археос» – первоначальный) и протерозойский (греч. «протерос» – ранний, «зоикос» – жизненный) (табл. 12), характеризовались появлением первых примитивных форм организмов – простейших, водорослей, червей. Эти организмы, как правило, не имели твердого скелета, и находки их в древних породах исключительно редки. Палеозойская (греч. «палайос» – древний), мезозойская («мезос» – средний) и кайнозойская («кайнос» – новый) эры характеризуются широким развитием скелетных форм организмов и объединяются в фанерозойский эон («фанерос» – явный) (табл. 13).

Таблица 12

Международная геохронологическая шкала докембрия (2008)

	Эон	Эра	Период	Хронометрическое летоисчисление	
				длительность, млн лет	датирование рубежей, млн лет
ДОКЕМБРИЙ	Протерозой (PR)	Неопротерозой	Эдиакарий	58	600
			Криоген	250	850
			Тоний	150	1000
		Мезопротерозой	Стений	200	1200
			Экстасий	200	1400
			Калимий	200	1600
		Палеопротерозой	Статерий	200	1800
			Оросирий	250	2050
			Риакий	250	2300
			Сидерий	200	2500
	Архей (AR)	Неоархей		300	2800
		Мезоархей		400	3200
		Палеоархей		400	3600
		Эоархей		400	4000
	Гадей (HA)			~600	~4600

Репозиторий ВГУ

Подразделения стратиграфической шкалы, которой соответствует геохронологическая таблица, обычно имеют те же названия. Так, мезозойской эре отвечает мезозойская эратема пород, в течение палеогенового периода происходило формирование палеогеновой системы и т.д. Для эпох с трехчленным делением обычны названия отделов нижний, средний и верхний (соответствующие ранней, средней и поздней эпохам), согласно последовательности их залегания в разрезе земной коры. Аналогично эпохам с двухчленным делением соответствуют нижний и верхний отделы. Так, разрез меловой системы делится на два отдела – нижний и верхний, а разрез юрской системы на три – нижний, средний и верхний. Некоторые отделы имеют специальные названия. Например, в палеогеновой системе выделяют отделы: палеоцен, эоцен, олигоцен; в неогеновой системе – миоцен и плиоцен.

Названия периодов (систем) имеют разное происхождение. Многие из них связаны с географическими названиями мест, где были изучены отложения этого возраста: пермская система (Пермская губерния России), девонская (графство Девоншир в Великобритании), юрская (Юрские горы во Франции), кембрийская (от древнего названия полуострова Уэльс – Кэмбрий). Названия силурийской и ордовикской систем даны по названиям древних племен – силуров и ордовиков, населявших Великобританию. Меловая и каменноугольная системы названы по характерным породам – писчему мелу и каменному углю, имеющим большое распространение. Название триасовой системы связано с ее четким трехчленным делением и т.д.

Для подразделений стратиграфической шкалы установлены буквенные (индексы) и цветовые обозначения, которые приняты на международных геологических конгрессах и используются во всех странах (унифицированная система индексов). Например, девонские отложения обозначаются буквой D и закрашиваются на картах и разрезах в коричневый цвет, меловые (К) – в зеленый, неогеновые (N) – в желтый и т.д. (табл. 14). Индексы отделов состоят из индексов систем, справа от которых внизу даны арабские цифры 1, 2 – для нижнего и верхнего отделов при двухчленном делении системы; 1, 2, 3 – при трехчленном делении. Например, $К_2$ – верхний отдел меловой системы, D_2 – средний отдел девонской системы. Цветовые обозначения отделов соответствуют принятым цветовым обозначениям для систем, но для нижних отделов применяются более темные оттенки, чем для верхних.

Репозиторий ВГУ

Таблица 13

Международная геохронологическая шкала фанерозоя (2008)

Эон	Эра	Период	Эпоха	Хронометрическое летоисчисление	
				длительность, млн лет	датирование рубежей, млн лет
ФАНЕРОЗОЙ (PH)	Кайнозойская (KZ)	Четвертичный	Голоцен	2,6	
			Плейстоцен		2,6
		Неогеновый	Плиоцен	20,4	
			Миоцен		23
		Палеогеновый	Олигоцен	42,5	
			Эоцен		
			Палеоцен		65,5
	Мезозойская (MZ)	Меловой	Поздняя	80	
			Ранняя		145,5
		Юрский	Поздняя	54,1	
			Средняя		
			Ранняя		199,6
		Триасовый	Поздняя	51,4	
			Средняя		
			Ранняя		251
	Палеозойская (PZ)	Пермский	Лопингий	48	
			Гваделупий		
			Цизуралий		299
		Каменноугольный	Пенсильваний	60,2	
			Миссисипий		359,2
		Девонский	Поздняя	56,8	
			Средняя		
			Ранняя		416
		Силурийский	Придоли	27,7	
			Лудлов		
			Венлок		
			Лландовер		443,7
		Ордовикский	Поздняя	44,6	
			Средняя		
			Ранняя		488,3
		Кембрийский	Фуронгий	53,7	
			Эпоха 3		
			Эпоха 2		
			Терренувий		542

Репозиторий ВГУ

Таблица 14

Цветовые обозначения возраста горных пород в порядке геохронологической стратификации

Название стратиграфического подразделения	Индекс	Цвет
Системы:		
Четвертичная	Q	желтовато-серый
Неогеновая	N	желтый
Палеогеновая	E	оранжево-желтый
Меловая	K	зеленый
Юрская	J	голубой (темный)
Триасовая	T	фиолетовый
Пермская	P	оранжево-коричневый
Каменноугольная	C	серо-голубой
Девонская	D	коричневый
Силурийская	S	серо-зеленый (светлый)
Ордовикская	O	сине-зеленый (темный)
Кембрийская	ε	оливковый
Эратемы:		
Кайнозой	KZ	желтый
Мезозой	MZ	голубой
Палеозой	PZ	серо-зеленый
Эонотемы:		
Фанерозой	PH	светло-голубой
Протерозой	PR	розовый
Архей	AR	розовый (темный)
Докембрий (нерасчлененный)	pε	розовый (светлый)

Лабораторная работа № 10

Шкала геологического времени

Цель: изучение основ геохронологической и стратиграфической классификации, терминологии и номенклатуры, анализ геохронологической шкалы.

Задание

1. Вычертить на листе плотной бумаги геохронологическую таблицу. Длину таблицы рассчитать исходя из количества указанных в ней геохронов, выделив для каждого из них полоску заданной ширины (например, 1–1,5 см).

Репозиторий ВГУ

2. Закрасить колонку, соответствующую периоду, в принятые стандартные цвета, согласно табл. 14.

3. Рядом с геохронологической таблицей вычертить колонку (прямоугольник), разделив ее горизонтальными линиями пропорционально длительности отдельных геохронов. Пользуясь учебными пособиями «Историческая геология» под редакцией Г.В. Немкова (М.: Недра, 1986) или «Историческая геология» В.Е. Хаина, Н.В. Короновского, Н.А. Ясаманова (М.: Изд-во МГУ, 1997), в колонке отразить главные события в развитии земной коры и связанное с ними формирование полезных ископаемых.

Оборудование: лист плотной бумаги, чертежные принадлежности, цветные карандаши.

2.2. Структурные элементы литосферы и их эволюция

2.2.1. Общие положения

Крупнейшими структурными элементами литосферы являются континенты и океаны. Континенты занимают 1/3 поверхности земного шара и превышают поверхность океанического дна в среднем на 5,5 км. Существующие термины «континентальные поднятия» и «океанические впадины» справедливы лишь относительно рельефа литосферы, но не ее структуры, так как под океанами поверхность базальтового слоя превышает в среднем на 15 км, а мантии – на 30 км соответствующие поверхности в разрезах континентов. Это хорошо иллюстрирует рис. 3. Следовательно, с тектонических позиций правильнее, хотя и не принято, называть эти структурные элементы «континентальными впадинами» и «океаническими поднятиями».

2.2.2. Структурные элементы континентов

Главнейшими структурными элементами континентов являются платформы и геосинклинали.

Платформы – это малоподвижные изометрической формы глыбы, составляющие остовы материков и обладающие прочным фундаментом из дислоцированных, метаморфизованных осадочных и магматических пород, некогда выполнявших древние отмершие геосинклинали. С поверхности фундамент, представляющий по существу гранитно-метаморфический слой, покрыт на значительной части осадочным чехлом.

Репозиторий ВГУ

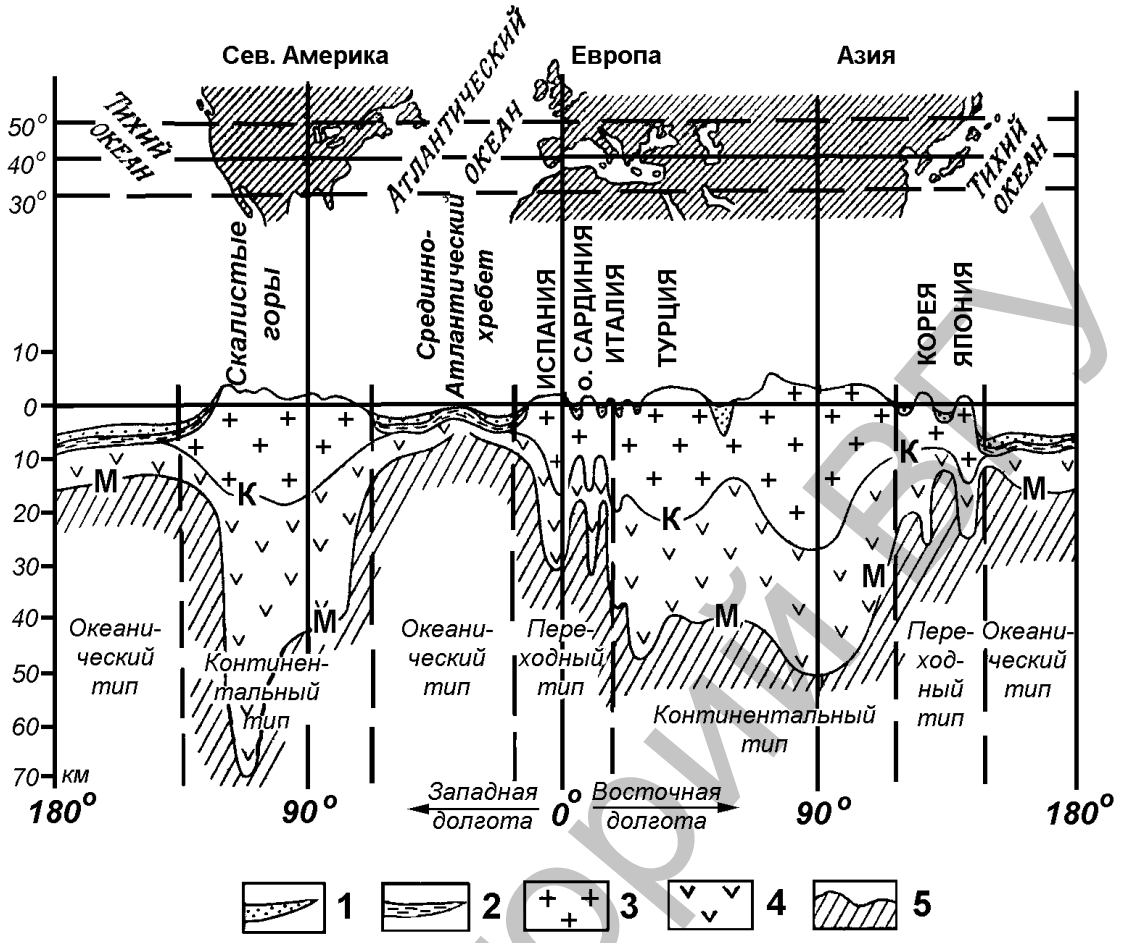

Рис. 3. **Разрез земной коры по 40° с.ш.**

Слои: 1 – осадочный; 2 – второй океанический; 3 – гранитный; 4 – базальтовый; 5 – верхняя мантия; поверхности: К – Конрада; М – Мохоровичича.

Последний отсутствует лишь на щитах – областях платформ, которые никогда или почти никогда не опускались под уровень моря.

Различаются ***древние и молодые платформы***. К древним относятся платформы, территории которых завершили геосинклинальный этап развития не позднее конца среднего протерозоя (в карельскую и более древние эпохи складчатости). Для них характерно:

1) двухэтажное строение – фундамент из дорифейских толщ и осадочный чехол, сложенный породами от поздне-, а местами и среднепротерозойского возраста и моложе;

2) незначительные по мощности и выдержанные по латерали комплексы осадочных пород чехла;

3) малоамплитудные, но крупные изометрической формы структурные элементы.

В табл. 15 приведены названия древних платформ, их щитов и впадин.

Репозиторий ВГУ

Таблица 15

Древние платформы, крупные щиты и впадины (синеклизы)

Древние платформы	Щиты	Впадины, синеклизы
Северо-Американская	Канадский (Лаврентийский)	Виллистон, Денвер, Иллинойс, Мичиган, Пермская
Восточно-Европейская	Балтийский, Украинский	Балтийская, Днепровская, Донецкая, Московская, Печорская, Прикаспийская, Припятская, Причерноморская
Сибирская	Алданский, Анабарский	Ангаро-Ленская, Вилюйская, Тунгус
Южно-Американская	Гвианский, Западно-Бразильский, Восточно-Бразильский	Амазонская, Верхней Параны, Оринокская, Парнаиба (Маранья-то), Сан-Франсиску
Африканская	Регибатский, Ахаггарский (Туарегский), Тибести, Камерунский, Центрально-Африканский, Нубийско-Аравийский, Зимбабве (Родезийский), Танганьикский, Мадагаскарский и др.	Верхнего Нила, Вольта, Калахари, Карру, Конго, Ливийско-Египетская, Окаванго, Сенегальская, Таудени (Араван-Таудени), Чадская
Аравийская	Арабо-Нубийский	Руб-эль-Хали
Индостанская	Индийский	Тхар
Австралийская	Западно-Австралийский, Северо-Австралийский, Южно-Австралийский	Большого Артезианского бассейна, Каннинг, Карнарвон, Карпентария, Кимберли, Перт, Юкла
Северо-Китайская		Ордосская, Северо-Китайская
Южно-Китайская		Сычуаньская
Антарктическая		

Молодыми считаются платформы, возникшие на месте геосинклинальных областей, завершивших свое развитие складчатостью и метаморфизмом пород в байкальскую, каледонскую и герцинскую эпохи, денудированные и покрытые с поверхности осадочным чехлом.

Для молодых платформ характерно:

1) трехэтажное строение – фундамент, промежуточный комплекс (из слабометаморфизованных и дислоцированных молассоидных толщ) и осадочный чехол;

2) примыкание к глыбам древних платформ;

3) частичное унаследование структурных направлений древних геосинклиналей.

Репозиторий ВГУ

Возраст молодых платформ определяется по возрасту складчатого основания с приставкой «эпи» (греч. «эпи» – после): эпигерцинская, эпибайкальская, эпикаледонская.

Геосинклинали – линейно вытянутые пояса литосферы, обладающие высокой подвижностью, контрастными изменениями геодинамических напряжений, значительной расчлененностью и высокой проницаемостью коры, большой, резко изменяющейся по латерали мощностью осадков. Они ограничивают платформы, располагаясь между ними или на границе с океанами (табл. 16). Геосинклинали не имеют монолитного фундамента: залегающие в их основании консолидированные породы раздроблены, а гранитный слой местами полностью выклинивается. Последнее наблюдается в офиолитовых поясах, где базальтовый слой обнажен на дневной поверхности (Урал, Саяны, Алтай и др.), или в «корнях» гор, где осадочные толщи налегают на базальты основания (Главный Кавказский хребет). Различные участки геосинклинального пояса обычно развиваются не одновременно и испытывают различные тектонические процессы. В то время, когда одни находятся в стадии развития геосинклинальных трогов, другие испытывают горообразовательные процессы, третьи завершают свое развитие переходом к платформенному состоянию. Обособленные участки геосинклинальных поясов, развивающиеся в одном направлении, рассматриваются как ***геосинклинальные области***. В составе геосинклинальных областей выделяются системы.

Геосинклинальная система – это элементарная часть геосинклинальной области, состоящая из эв- и миогеосинклинального прогибов, геоантиклинального поднятия и ограниченная окраинами платформ и срединными массивами (рис. 4).

Эвгеосинклинали («эв» – совершенные) – внутренние, наиболее мобильные прогибы геосинклиналей, характеризующиеся активной подвижностью и интенсивной вулканической деятельностью.

Миогеосинклинали («мио» – менее, неполные) – внешние, менее активные прогибы, охватывающие окраины платформ. Вулканическая деятельность для них не характерна.

Геоантиклинали – цепи поднятий, разграничивающие прогибы, выраженные островными дугами или подводными поднятиями.

Срединные массивы – устойчивые, складчато-глыбовые участки земной коры (обломки областей ранней консолидации), расположенные внутри геосинклинальной области и имеющие субплатформенный характер развития.

На поздних орогенных стадиях в геосинклинальных системах развиваются структурные элементы иного типа:

- ***антиклинории*** – протяженные сложные зоны развития преимущественно антиклинальных структур в складчатых системах;

Репозиторий ВГУ

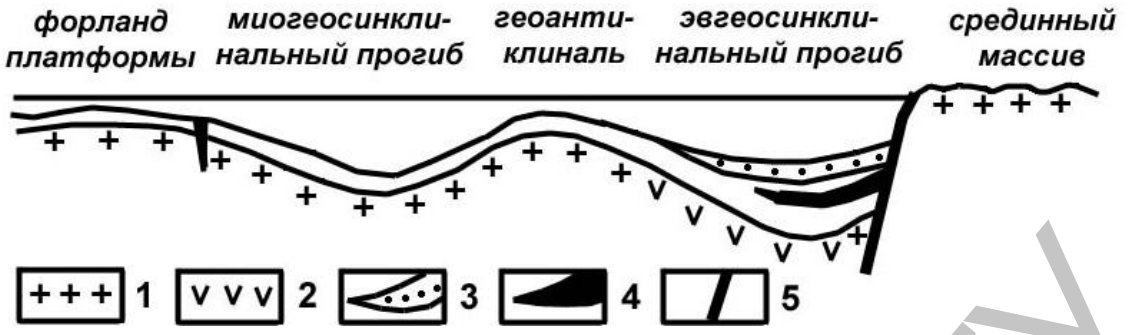

Рис. 4. **Схема элементарной геосинклинальной системы** (по Обуэну, 1967, с изменениями)

1–2 – породы складчатого основания платформенного (1) и океанического (2) типов; 3 – флиш; 4 – офиолиты; 5 – разломы.

• ***синклинории*** – крупные, сложные структуры в целом синклинального строения, состоящие из менее крупных синклинальных и антиклинальных складок.

Одновременно с протекающими в геосинклиналях горообразовательными процессами происходит компенсационное прогибание окраин сопредельных платформ и внешних частей миогеосинклинальных прогибов, в результате чего образуются структуры пограничного типа – ***краевые прогибы***. Краевые прогибы располагаются вдоль геосинклинальных орогенов и представляют собой цепи впадин, разделенные выступами платформенного основания и выполненные продуктами разрушения горных систем – молассами. В числе крупнейших краевых прогибов Земного шара можно назвать Предуральский, Предверхоянский, Предкавказский, Предкарпатский, Предальпийский, Предгималайский, Предкопетдагский и Месопотамский.

Развитие геосинклиналей. В развитии геосинклиналей в ходе полного тектонического цикла происходит последовательное формирование: вначале глубокого, заполняемого осадками трога (1-й этап), затем крупного разрушаемого горноскладчатого сооружения (2-й этап). Более детальное изучение позволяет выделить (по В.Е. Хаину) пять стадий, в процессе которых геосинклиналь преобразуется в основание молодой платформы.

Первая стадия – интенсивного погружения. Развивается эвгеосинклинальный прогиб, аккумулирующий аспидно-граувакковую и спилито-диабазо-кератофировую формации.

Вторая стадия – предорогенная. Темп погружения снижается, но в погружение вовлекается окраина платформы, на которой развивается миогеосинклинальный прогиб. На границе эвмиогеосинклинали развиваются геоантиклинали, выраженные подводными поднятиями, перерастающими в островные дуги.

Репозиторий ВГУ

Таблица 16

Геосинклинальные пояса и их области с разновозрастной складчатостью

Геосинклинальные пояса	Главнейшие области с разновозрастной складчатостью				
	Байкалиды	Каледониды	Герциниды	Киммериды	Альпиды
Средиземноморский	Среднеевропейская плита, Сев. Устюрт, север Аравийского щита	–	Зап. и Центр. Европы, Скифской плиты, Иберийской и Марокканской месет, Добруджа и др.	Индокитая и Малаккского полуострова	Горно-складчатые системы Атласа, Пиренеев, Андалусских гор, Апеннин, Альп, Балкан, Карпат, Крыма, Сев. Кавказа, Копетдага, Понта, Эльбурса, Тавра, Загросса, Гималаев, Юго-Зап. Индокитая, Малайского архип.
Урало-Монгольский	Байкало-Енисейская, Тимано-Печорская	Алтае-Саянская, Северо-Тянь-Шаньская, Центрально-Казахстанская складчато-глыбовые области	Южн. Монголии, Урала и Южн. Тянь-Шаня, Зап.-Сибирской плиты, Вост. Казахстана	–	–
Северо-Атлантический	–	Сев. Аппалачей, Вост. Гренландии, островов: Шпицберген, Британских, Ньюфаундленд; Скандинавского полуострова	Сев. Шпицберген, Южн. Аппалачи, Мексиканская плита	–	–
Тихоокеанский	–	Юго-Вост. Китая (Катазии), Южной Австралии (Флиндерс)	Восточной Австралии	Амурская, Верхояно-Чукотская, Сев. Американских Кордильер	Курило-Камчатская, Сахалинская, Японских и Филиппинских о-вов, Нов. Зеландии, Нов. Гвинеи, Береговых хребтов Сев. Америки и Анд
Арктический	–	Сев. Гренландия	Арктический архипелаг Канады	–	–
Южный (?)	–	–	Капской области на юге Африки	–	–

Репозиторий ВГУ

Третья стадия – раннеорогенная. Выражается медленным подъемом основания геосинклинали, образованием на месте прогибов невысокого плоского острова. Темп поднятия соответствует скорости денудации. Начинается развитие передового прогиба, накапливающего шлировую молассу – продукт разрушения горной системы.

Четвертая стадия – орогенная. Скорость подъема возрастает и превышает темп денудации. Образуются горные цепи. В краевом прогибе накапливается грубообломочная моласса.

Пятая стадия – тафрогенная. Своды антиклинальных поднятий обрушиваются, образуя системы грабенов, неровности рельефа сглаживаются денудацией до пенеплена, проявляется финальный вулканизм, метаморфизм пород.

Таким образом, геосинклиналь преобразуется в складчатое сооружение платформы, в теле которой существуют зародыши будущих рифтовых систем.

2.2.3. Структурные элементы океанов

Океанский тип земной коры характерен не для всей акватории Мирового океана, а только для той его части, которая ограничена материковым склоном. Шельфы океана, окраинные моря (Северное, Карское, Желтое и др.) имеют кору континентального типа.

По структуре земной коры существенно различаются, с одной стороны, Тихий океан, а с другой – остальные океаны (Индийский, Атлантический, Северный Ледовитый).

Специфической особенностью Тихого океана являются **глубоководные океанские желоба** – величайшая на Земле система линейных депрессий общей протяженностью около 70 тыс. км. К желобам приурочены наибольшие глубины Мирового океана (Марианский желоб – 11022 м, желоб Тонга – 10882 м и др.). Глубоководные желоба связаны с системами глубочайших расколов (зоны Заварицкого-Беньофа), которые рассекают земную кору и уходят в мантию Земли, о чем свидетельствуют глубокофокусные землетрясения. Вдоль желобов тянется система краевых валов.

Обширные площади дна океана занимают равнины с глубинами 4–6 км, рассеченные системой разломов, которые вытянуты на 4000–4500 км. Наиболее крупная – Восточно-Тихоокеанская равнина. Поверхность этих структур осложнена многочисленными вулканическими конусами, часть из которых имеет плоские срезанные вершины. Эти вулканы (гийоты, гайоты) в геологическом прошлом выступали над поверхностью воды, чем и объясняется их форма. В последующем в результате опускания дна они оказались погруженными на различные глубины. Подводные равнины некоторые ученые называют талас-

Репозиторий ВГУ

сократонами (от греч. «таласса» – море, «кратос» – сила) и рассматривают как океанические платформы, отличающиеся небольшой (5–8 км) мощностью земной коры.

Как особый тип структур выделяются внутриокеанические поднятия, ограниченные разломами. Размеры их значительны, например, поднятие Шатского имеет длину 1200 км и ширину 300 км.

Для тектонической структуры Атлантического, Индийского и Северного Ледовитого океанов характерна система **срединно-океанических хребтов**, представляющая собой самые протяженные горы на Земле (их суммарная длина около 70000 км). Высота этих хребтов 3,5–4,0 км, ширина 800–2000 км. Их основа – сочетание горстов и грабенов, разделенных в центральной части узкой (30–40 км) рифтовой долиной, которая образовалась за счет опускания земной коры по системе сбросов. Приподнятые блоки иногда выступают в виде островов (Св. Павла, Исландия). Система срединных хребтов Атлантического океана разбита серией поперечных (трансформных) разломов. Срединно-океанические хребты – подвижные зоны земной коры, к ним приурочены проявления вулканизма, землетрясения.

Значительные пространства занимают глубоководные котловины и разделяющие их возвышенности. В Атлантическом океане котловины имеют плоское дно с глубинами 5–7 км, возвышенности выступают над поверхностью дна на 1–2 км, здесь часто наблюдаются вулканические конусы. Отдельные валообразные поднятия (Кергелен, Мадагаскар) отличаются присутствием гранитного слоя, нередко их называют микроконтинентами.

В окраинных частях Индийского и Атлантического океанов выявлены отдельные океанические желоба относительно небольших размеров.

2.2.4. Рифтовые зоны и глубинные разломы

Эти типы структур характерны как для континентальной, так и для океанической коры. По данным Е.Е. Милановского, **рифтовые зоны** – это планетарные тектонические структуры, в которых происходит подъем мантийного вещества, вызывающий поперечное растяжение в верхних зонах земной коры. В рифтовых зонах сейсмичность проявляется до глубин 40–50 км. Эти зоны отличаются повышенным тепловым потоком; тектонической и магматической активностью, меньшей мощностью земной коры. Рифтовые зоны объединяются в мировую рифтовую систему (табл. 17).

Среди рифтовых зон Е.Е. Милановский выделяет океанские, меж- и внутриконтинентальные. Два последних типа присущи и платформам, и складчатым областям. Одним из самых крупных является

Репозиторий ВГУ

Восточно-Африканский (или Африканско-Аравийский) рифтовый пояс, протягивающийся более чем на 6000 км от Средиземного моря до Мозамбикского пролива. Байкальский рифтовый пояс имеет длину около 2500 км и ширину от 100–200 до 500 км. Установлено, что этот пояс начинается от Северного Ледовитого океана.

Рифтовые зоны наследуют древние системы разломов, современный вид линейных депрессий они приобрели в неоген-четвертичное время. Рифты как структуры земной коры были характерны и для более древних этапов истории Земли. Так, заложение Байкальского рифтового пояса относится к раннему кембрию, он активизировался в мезозое и интенсивно развивается в кайнозое. Время возникновения впадины оз. Байкал исчисляется примерно 20 млн лет. Если современным геосинклинальным областям больше свойственно сжатие, то рифтовым зонам – растяжение. Это, как отмечает Е.Е. Милановский, и обусловило определенное равновесие в развитии земной коры.

Глубинные разломы в противоположность рифтовым зонам не выражены в современном рельефе. В.Е. Хаин указывает на следующие их признаки: большая протяженность, значительная глубина заложения, длительная история развития. Благодаря этим особенностям глубинные разломы разделяют глыбы земной коры, различающиеся геологической историей и режимом тектонических движений. Среди глубинных разломов выделяются сверхглубинные, проникающие в нижнюю мантию; среднеглубинные, рассекающие астеносферу; подкоровые, прослеженные до раздела Мохоровичича. Кроме них, В.Е. Хаин выделяет также верхнекоровые разломы, затухающие в гранитном слое, и глубокие коровые, проникающие в базальтовый слой.

2.2.5. Структурные элементы земной коры с позиции тектоники литосферных плит

В соответствии с представлениями сторонников «новой глобальной тектоники» литосфера Земли состоит из семи крупных (Евроазиатская, Северо-Американская, Южно-Американская, Африканская, Тихоокеанская, Индо-Австралийская, Антарктическая) и большого числа мелких жестких плит (Аравийская, Филиппинская, Кокос, Наска и др.), «плавающих» по астеносфере. Границами литосферных плит являются сверхглубинные разломы, которые в одних случаях совпадают с рифтовыми долинами в осевой части срединно-океанических хребтов, в других – с глубоководными желобами, являющимися поверхностным выражением зон глубокофокусных землетрясений, называемых зонами Заварицкого-Беньофа.

Репозиторий ВГУ

Таблица 17

Рифтовые системы Земли

Типы систем	Рифтовые пояса	Протяженность, км	Эры интенсивного развития	Главные составные звенья
Континентальные	Восточно-Африканский	6500	MZ–KZ	Ньясо-Танганьикская ветвь (грабены Ньяса, Руква, Танганьика, Альберта и др.); Кенийско-Эфиопская ветвь (грабены Кенийский, Эфиопский, Рудольфа, Аденский, Суэцкий, Акаба, Иордан)
	Рейнский	1000	KZ	грабены: Осло, Гессен, Нижне-Рейнский, Верхне-Рейнский, Ронский
	Байкальский	2500	KZ	зоны: Хубсугул-Тункинская, Байкало-Баргузинская, Чарско-Муйская
	Сарматско-Туранский	3000	PZ	грабены: Припятский, Днепровско-Донецкий; Доно-Каспийская зона, Мангышлак
	Кордильерский	4000	MZ	сегменты: Мексиканско-Калифорнийский, Колорадо-Монтанский,
Океанические	Срединно-Атлантический	24000	MZ	звенья: Северо-Атлантическое, Южно-Атлантическое, Рейкьянес
	Индоокеанский	25000	MZ	звенья: Аравийско-Индоокеанское (хребет Карлсберга), Центрально-Индоокеанское, Восточно-Индоокеанское, Западно-Индоокеанское
	Тихоокеанский	12000	MZ	звенья: Южно-Тихоокеанское, Восточно-Тихоокеанское
	Арктический	15000	MZ	хребты Гаккеля, Мона, Книповича, Кольбейнсей

В рифтовых долинах срединно-океанических хребтов постоянно происходит процесс растяжения и раздвигания плит. Через зияющие трещины снизу извергается базальтовая лава, которая застывает в форме мощных даек. Последние рассматриваются в качестве своеобразных «клиньев», распирающих смежные литосферные плиты и смещающих их в разные стороны по горизонтали.

Дальнейший процесс расширения приводит к формированию новых вертикальных клиньев базальтов – нарождающейся океанской коры, а ранее образовавшаяся молодая кора сдвигается в стороны. Дайки намагничиваются в соответствии с магнитным полем времени их образования. Границы плит, с которыми связано их раздвигание и рождение новой коры, называются зонами спрединга, а сам процесс раздвигания – ***спрединг***.

В результате возникновения новой, избыточной коры в зонах спрединга литосферные плиты смещаются в стороны от срединно-

Репозиторий БГУ

океанического хребта к окраинам океанов и здесь поддвигаются под соседние континентальные литосферные плиты. Погружение океанской плиты под континентальную происходит по зонам Заварицкого-Беньофа. Поддвигаясь под соседнюю, каждая плита погружается в астеносферу и тем самым устраняется избыток коры. При поддвиге происходят разогревание краев плит, плавление литосферы, активный андезитовый вулканизм, высокая сейсмическая активность. Слои осадочного слоя как бы «соскабливаются» с плиты, погружающейся в астеносферу, и сминаются в складки на приокеанском борту глубоководного желоба.

Границы плит, где происходит погружение одной плиты под другую, их плавление, называются зонами субдукции или обдукции, а сам процесс поддвигания – ***субдукцией*** (при погружении океанической плиты под материковую) или ***обдукцией*** (при погружении континентальной плиты под океаническую). Также следует сказать о столкновении, или ***коллизии,*** двух континентальных плит, которые в силу относительной легкости слагающего их материала не могут погрузиться друг под друга, а сталкиваются, образуя горно-складчатый пояс с очень сложным внутренним строением.

Движущими силами, которые приводят к горизонтальным перемещениям плит, их растяжению и погружению, считают силы, возникающие в результате тепловых конвекционных течений в астеносфере. Восходящие течения двух встречных циркулярных потоков приводят к раздвиганию плит (спредингу), нисходящие – к поддвиганию (субдукции, обдукции) или столкновению (коллизии) плит.

2.2.6. Эпохи и фазы складчатости

Земная кора находится в беспрерывном движении. История ее развития распадается на отдельные отрезки времени, в которые тектонические силы действуют с импульсно нарастающей энергией, и завершается более или менее крупными складкообразовательными процессами, коренным образом изменяющими внешний лик Земли: строение ее поверхности, физико-географические условия, облик органического мира. После этого наступает период тектонического затишья, знаменующий переход к новому циклу тектогенеза.

Совокупность фаз складчатости, приводящих к коренной перестройке структуры земной коры и к изменению физико-географических условий и органического мира на ее поверхности, называется **эпохой складчатости**. Сведения об основных эпохах складчатости приведены в табл. 18. Под **фазой складчатости** понимается кратковременный складкообразовательный процесс, в результате которого совершается скачкообразное развитие структуры земной коры в заданном эпохой направлении.

Репозиторий ВГУ

Немецким ученым Г. Штилле, а затем российскими учеными В.В. Белоусовым, А.А. Богдановым и др. были разработаны шкалы фаз складчатости. Но, как выяснилось, универсальную шкалу разработать невозможно, т.е. фазы тектогонеза в отличие от эпох проявляются на поверхности земли не одновременно и для каждой геотектонической области необходимо создавать собственную шкалу.

Лабораторная работа № 11

Структурные элементы земной коры

Цель: изучение современной структуры и динамики земной коры.

Задание

1. Нанести на контурную карту черным цветом границы литосферных плит; подписать названия основных плит, стрелками указать направление их перемещения и обозначить скорость движения. По границам литосферных плит показать условными знаками зоны субдукции, обдукции, коллизии и спрединга.

2. Красным цветом нанести главнейшие трансформные разломы и рифтовые зоны срединно-океанических хребтов, названия последних подписать. Нанести зоны континентальных рифтов.

3. Розово-красным цветом выделить древние платформы, подписать их названия.

4. Выделить и подписать геосинклинальные складчатые пояса: Средиземноморский (Альпийско-Гималайский), Урало-Монгольский, Северо-Атлантический, Тихоокеанский, Арктический, Южный.

5. Закрасить выделенные пояса в соответствии с основными эпохами складкообразования, проявившимися в пределах данного пояса и приведшими к его окончательному закрытию:

- позднепротерозойская эпоха, в том числе

байкальская – голубой;

- каледонская – фиолетовый;
- герцинская – коричневый;
- киммерийская – зеленый;
- альпийская – желтый.

6. Крапом выделить части больших геосинклинальных поясов, сохранившие подвижность и являющиеся кайнозойскими и современными геосинклинальными областями.

Оборудование: контурная карта Мира, атлас по географии для 7 (8) класса, тектоническая карта Мира, цветные карандаши.

Репозиторий ВГУ

Таблица 18

Основные эпохи складчатости и некоторые результаты тектогенеза

Эпоха складчатости	Охватывает эры, периоды	Интервал эпохи, млн лет	Основные изменения в структуре земной коры в результате складчатости
Архейская	AR	4000–2000	Образовались остовы древних платформ
Карельская	PR_{1-2}	1900–1600	Завершилось формирование древних платформ за счет складчатости в протогеосинклиналях
Байкальская	PR_2–$Є_1$	650–550	Расширение платформ за счет «байкалид» – древних складчатых областей (Тимано-Печерской, Северо-Устюртской, Байкало-Енисейской, Северо-Аравийской и др.)
Каледонская	$Є_3$–D_1	540–400	Образование каледонид Восточной Гренландии, Скандинавии, Британских островов, ядер Арморикансого, Арденского, Центрально-Французского, Чешского массивов, Северных Аппалач, Киргизо-Кокчетавской, Алтае-Саянской областей и др.
Герцинская	C–T_1	350–200	Образование единого материка – Пангеи – в результате замыкания геосинклинальных поясов и объединения материков Лавразии и Гондваны
Киммерийская (тихоокеанская)	T_3–K_1	200–150	Раскол Пангеи вследствие рифтогенеза и обновления Средиземноморского геосинклинального пояса. Образование Атлантического, Индийского и Ледовитого океанов, океан Тетис. Образование киммерид Северо-Восточной Азии и Запада Америки
Альпийская	K_2–KZ	150–0	Замыкание Средиземноморского пояса и соединение Евразии с Индостаном и Африкой. Складчатость в Тихоокеанском поясе и соединение Северной и Южной Америк. Земля приобретает современный облик

Репозиторий ВГУ

Вопросы для самоконтроля к разделу 2

1. Что лежит в основе определения относительного и абсолютного возраста горных пород?
2. В чем отличие геохронологической шкалы от стратиграфической?
3. Из каких подразделений состоит геохронологическая шкала?
4. Каким образом соотносятся геохронологические и стратиграфические подразделения?
5. Какие буквенные индексы установлены для подразделений геохронологической и стратиграфической шкал?
6. Как датируются рубежи геологических периодов?
7. Охарактеризуйте длительность геологических периодов.
8. Назовите крупнейшие структурные элементы литосферы.
9. Дайте определение платформ.
10. Что характерно для древних платформ? Перечислите древние платформы.
11. В чем состоит отличие молодых платформ от древних? Приведите примеры молодых платформ.
12. Что называют геосинклиналями? Перечислите геосинклинальные пояса.
13. Области какого возраста складчатости входят в состав геосинклинальных поясов?
14. Из каких структурных элементов состоит геосинклинальная система?
15. Что называют антиклинориями, синклинориями?
16. Как образуются краевые прогибы? Приведите примеры крупнейших краевых прогибов.
17. Охарактеризуйте стадии развития геосинклиналей.
18. Что представляют собой глубоководные желоба?
19. В чем заключаются структурные особенности земной коры в пределах Тихого океана?
20. Что представляют собой срединно-океанические хребты?
21. В чем заключаются структурные особенности земной коры в пределах Атлантического океана?
22. Что такое рифтовые зоны?
23. Какие рифтовые пояса входят в состав континентальных систем?
24. Какие рифтовые пояса входят в состав океанических рифтовых систем?
25. Какие особенности характерны для глубинных разломов?
26. Назовите основные положения теории литосферных плит.
27. Перечислите крупные и основные мелкие литосферные плиты.
28. Что такое спрединг, субдукция, обдукция, коллизия?
29. Что понимают под «эпохой» и «фазой» складчатости?
30. Какие эпохи складчатости выделяются в геологической истории Земли и как они датируются?

Репозиторий ВГУ

РАЗДЕЛ 3. ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ КАРТЫ И РАЗРЕЗЫ

Основой при проведении любых геологических работ на той или иной территории являются геологические карты, их составляют геологи-съемщики, а также специалисты в области геологического картирования. Геологическая карта является основным документом, на котором графически изображено геологическое строение какого-либо участка.

Выделяют несколько типов геологических карт. ***Основные (общие, обычные) геологические карты*** представляют собой графическое плановое изображение (с помощью условных знаков) геологических тел разного состава, распространенных на поверхности Земли: их относительного возраста, условий залегания, соотношений друг с другом. Иначе говоря, на основных геологических картах отображается геологическое строение поверхности Земли, дополненное на некоторую глубину геологическими разрезами.

На основных геологических картах обычно не показывают породы четвертичного возраста, а изображают лишь более древние тела, залегающие под ними. Для пород четвертичного возраста составляют специальные ***карты четвертичных отложений,*** дополняющие основные карты. К специальным относится еще ряд различных карт, отражающих отдельные частные стороны геологии районов: ***петрографические*** и ***литологические карты,*** на которых показан состав пород; ***геоморфологические*** с нанесенными на них основными элементами рельефа земной поверхности; ***тектонические,*** на которых нанесены главные структурные элементы земной коры; ***гидрогеологические карты,*** на которых изображено распространение подземных вод, их состав, глубина и условия залегания; ***карты полезных ископаемых*** и многие другие. Из всего многообразия геологических карт мы познакомимся лишь с геологическими картами, которые называют ***основными,*** и научимся строить по фрагментам этих карт разрезы на глубину.

Помимо специализации, геологические карты всех типов различаются по масштабу. Масштаб – это соответствие расстояния на карте этому же расстоянию на местности, выраженное в сантиметрах. Так, например, масштаб 1:100000 означает, что 1 сантиметру расстояния на карте соответствует 100000 сантиметров на местности. По масштабу все геологические карты делятся на обзорные, региональные и детальные. ***Обзорные карты*** составляются на большие территории в масштабе 1:1000000 и мельче. ***Региональные карты*** охватывают территории отдельных районов и составляются в масштабах 1:500000, 1:200000 и 1:100000. ***Детальные карты*** строятся на небольшие территории. Обычный их масштаб – 1:50000 и 1:25000, но иногда строят-

Репозиторий ВГУ

ся карты и более крупных масштабов. В зависимости от масштаба отображаемая на геологических картах информация имеет разную детальность.

Геологическое картирование – это сложная, кропотливая работа, выполняемая высококвалифицированными геологами. При составлении карт соответствующих масштабов используют специальные инструкции. На геологических картах показывают площадные, линейные и точечные (знаковые) обозначения геологических объектов. Элементами геологических карт являются принятые условные обозначения (легенда), геологические разрезы и стратиграфические колонки.

Площадные объекты делятся на стратифицированные и нестратифицированные. К стратифицированным относятся горные породы, залегающие слоями (осадочные, вулканогенно-осадочные, вулканогенные образования), а к нестратифицированным – интрузивные тела. В основе картирования стратифицированных образований (стратиграфических подразделений) лежит их относительный возраст, поэтому площади выходов их на земную поверхность закрашиваются цветами, соответствующими цветам стратиграфической (геохронологической) шкалы, и на этих площадях ставятся индексы геологического возраста. Поля развития интрузивных пород также закрашиваются определенными цветами, но эти цвета указывают не на возраст пород, а на их химический состав. Так, интрузивные породы кислого состава обозначаются различными оттенками красного цвета; породы основного состава – зелеными цветами и т.п. На полях их выходов также ставятся буквенные индексы, соответствующие химическому составу и возрасту пород.

К линейным объектам, выносимым на геологические карты, относятся границы между геологическими телами (геологические границы), разрывные нарушения, жилы, дайки и т.п.

Точечные объекты – это места замеров пространственной ориентировки структурных элементов, места находок фауны, буровые скважины и т.п.

Геологические разрезы, сопровождающие карты, должны давать наглядное представление об условиях залегания геологических тел на некоторую глубину. Направления линий разрезов выбираются так, чтобы информация о геологическом строении района была достаточно полной.

Прилагаемые к картам стратиграфические колонки содержат информацию о мощностях слоев определенного возраста, их соотношениях (согласные или несогласные), составе (литологическом), находках фауны.

Каждая карта снабжается легендой, представляющей собой систематизированный свод всех примененных на геологической карте и

Репозиторий ВГУ

разрезах условных знаков и объяснений их содержания. Без легенды карта становится нечитаемой.

В качестве основы для геологического картирования используются специально оформленные листы бумаги, называемые топографической основой. Эти листы, во-первых, соответствующим образом ориентированы в пространстве относительно стран света (верхний обрез листа ориентирован всегда на север, правый – на восток, нижний – на юг и левый – на запад). Во-вторых, на топографической основе в определенном масштабе и определенными знаками показаны основные природные и социально-экономические объекты территории (рельеф, растительность, населенные пункты, дороги, хозяйственные объекты и т.п.). Такая основа требуется для точной пространственной привязки геологических объектов, изображаемых на карте, к местности.

На топографической основе рельеф местности изображается горизонталями. *Горизонталь – это линия пересечения поверхности рельефа с горизонтальной плоскостью.* Для того чтобы с помощью горизонталей на плоском листе бумаги изобразить рельеф, поступают следующим образом: рассекают местность серией горизонтальных плоскостей, равно отстоящих одна от другой по высоте, и линии пересечения этих плоскостей с рельефом проектируют на одну плоскость (рис. 5). Горизонтальную плоскость, совпадающую с уровнем моря, считают нулевой. От нее ведется отсчет следующих плоскостей согласно их расстоянию от нулевой плоскости. Соответственно оцифровываются и горизонтали. Вверх от нулевой – значения горизонталей положительные, вниз – отрицательные.

Техника геологического картирования заключается в переносе всех перечисленных выше геологических объектов с местности на топографическую основу. Проходя определенными маршрутами по территории, геолог-съемщик фиксирует все эти элементы на местности и помечает их соответствующими знаками на топографической основе. Наиболее просто обстоит дело при картировании районов с ненарушенным залеганием слоев. В этом случае фиксируются в основном границы между слоями разного возраста, оконтуривающие площади их выхода на поверхность.

Сложнее при составлении геологических карт территорий с нарушенным залеганием слоев. В этом случае, помимо фиксирования границ между слоями разновозрастных пород, возникает необходимость фиксировать ориентировки различных плоскостных и линейных структурных элементов (плоскостей слоев, разрывных нарушений, шарниров складок и т.п.) в пространстве и соответствующими знаками, понятными каждому геологу, отображать их положение на карте.

Репозиторий ВГУ

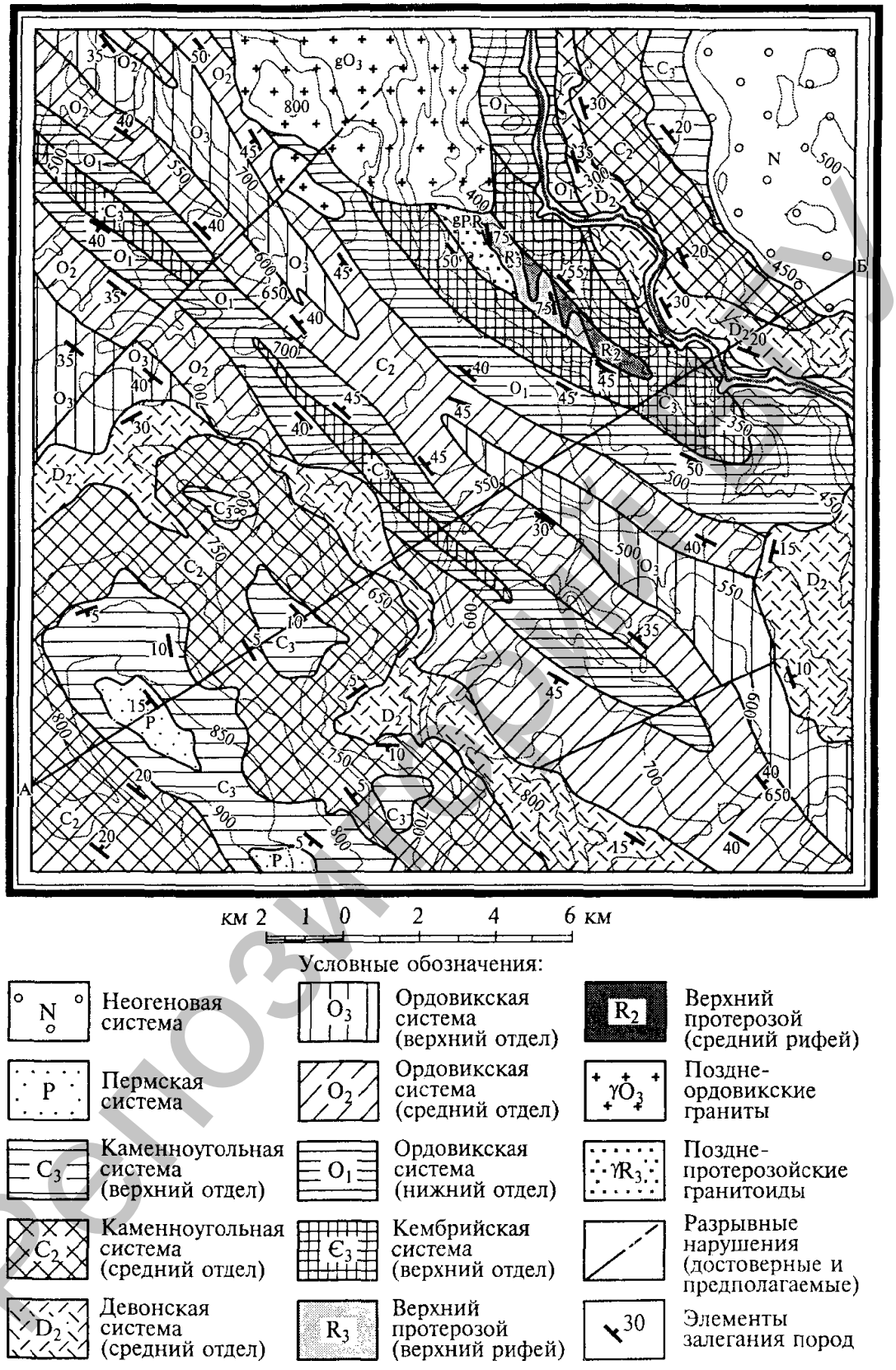

Рис. 5. **Учебная геологическая карта.**

Репозиторий ПолесГУ

Наглядное представление о соотношении слоев пород в пространстве дают сопровождающие геологические карты геологические разрезы. Геологические разрезы строят либо по геологическим картам, либо на основе полевых наблюдений (как по естественным обнажениям, так и по результатам различных геологоразведочных выработок). Для составления последних обычно выбирают линии, направленные вкрест простирания геологических структур.

По геологическим картам, на которых нанесены горизонтали, построить геологический разрез очень легко. Построение начинают с выбора масштаба разреза. В подавляющем большинстве случаев горизонтальный и вертикальный масштабы разрезов должны соответствовать масштабу карты, однако для лучшей наглядности вертикальный масштаб нередко принимают крупнее в 2–20 раз.

Далее геологический разрез по карте строят в следующей последовательности (рис. 6).

1. Выбирается направление разреза и на геологической карте проводится соответствующая линия. Линия может быть прямой, пересекающей весь лист, но при сложном строении района, когда невозможно провести прямую линию вкрест простирания всех структур, допускается построение разрезов по ломаной линии. У концов линии (и в местах перегибов) на карте ставятся цифровые (I–I, I–II–III) или буквенные (А–Б, А–Б–В) обозначения. Меридиональные и отклоненные к востоку от меридиана линии разрезов располагаются так, чтобы слева был юг, а остальные располагаются так, чтобы слева – запад.

2. По выбранной линии строится топографический профиль (профиль рельефа). Профиль у концов линии ограничивается масштабными линейками, у которых пишутся отметки высот в метрах, а над линейками – цифровые или буквенные обозначения разреза и буквенные обозначения его ориентировки на карте (Ю–С, ЮЗ–СВ и т.п.). Через нулевые отметки на линейках проводится линия уровня моря (за исключением высокогорных районов), и от нее по вертикали в выбранном масштабе ставятся точки в местах пересечения линией разреза горизонталей с соответствующими отметками (рис. 6, *а*).

3. Точки соединяются плавной линией, отображающей профиль рельефа. На эту линию переносят границы слоев с обозначением индексами соответствующего возраста пород, линии разрывов, границы интрузивных тел и т.п., и начинают построение разреза.

Репозиторий ВГУ

Рис. 6. **Пример построения и оформления разреза по геологической карте** (рис. 1, линия А – Б):

а – построение топографического профиля по заданной линии разреза; *б* – вынесение на топографический профиль геологических границ; *в* – оформление геологического разреза.

Репозиторий ВГУ

4. Построение геологического разреза, т.е. нанесение на топографический профиль геологических данных, заключается в соединении линиями разрозненных выходов на поверхность слоев с учетом характера их залегания. Если имеются данные об элементах залегания слоев и их мощности, разрез строится с учетом этих данных.

5. При построении разреза необходимо постоянно следить за стратиграфической последовательностью слоев, ни в коем случае не допуская ее нарушения. При складчатом залегании пород построение разрезов проще всего начинать с отрисовки ядер синклинальных складок, прослеживая от них в стороны и на глубину все более древние слои (рис. 6, *б*). Глубина, на которую строятся разрезы, определяется, с одной стороны, глубиной эрозионного вреза, а с другой – степенью надежности, с которой можно интерпретировать поверхностные структурные данные на глубину.

6. Каждый слой на разрезе закрашивается или заштриховывается так же, как на геологической карте. На каждом изолированном выходе слоя ставится возрастной индекс. Если индекс не умещается на слое, его выносят в сторону или вверх (рис. 6, *в*).

7. Разрезы, сопровождающие геологическую карту, помещаются под ней. Если геологические разрезы делаются на отдельном листе, они соответствующим образом оформляются, и для них обязательно приводится легенда.

Лабораторная работа № 12

Тема: Геологические карты и разрезы

Цель: изучение основ геологического картирования.

Задание 1. Изучив геологический разрез, представленный на рис. 7, согласно указанному варианту назовите относительный возраст горных пород, слагающих рассматриваемую территорию.

Ответьте на вопросы. Между какими геологическими периодами произошла тектоническая деформация и как называется изображенная на разрезе дислокация? Какие слои залегают между собой согласно или несогласно? Наблюдается ли в разрезе стратиграфический перерыв?

Варианты	№ рисунка	Варианты	№ рисунка	Варианты	№ рисунка
1	7, а	4	7, г	7	7, ж
2	7, б	5	7, д	8	7, з
3	7, в	6	7, е	9	7, и

Репозиторий ВГУ

Пример ответа к рис. 7, а. Территория сложена породами каменноугольного, пермского, триасового, неогенового, палеогенового и четвертичного возрастов, тектоническая деформация произошла в триасовый период или в послетриасовое время (до палеогена), о чем свидетельствуют смятые в антиклинальную складку породы триаса, перми и карбона, залегающие между собой согласно. Стратиграфический перерыв наблюдается между триасом и палеогеном. В это время происходило разрушение верхней части антиклинали. В кайнозойское время произошло накопление палеогеновых, неогеновых и четвертичных отложений, залегающих между собой согласно. Толща же кайнозойских отложений залегает несогласно по отношению к отложениям более древним.

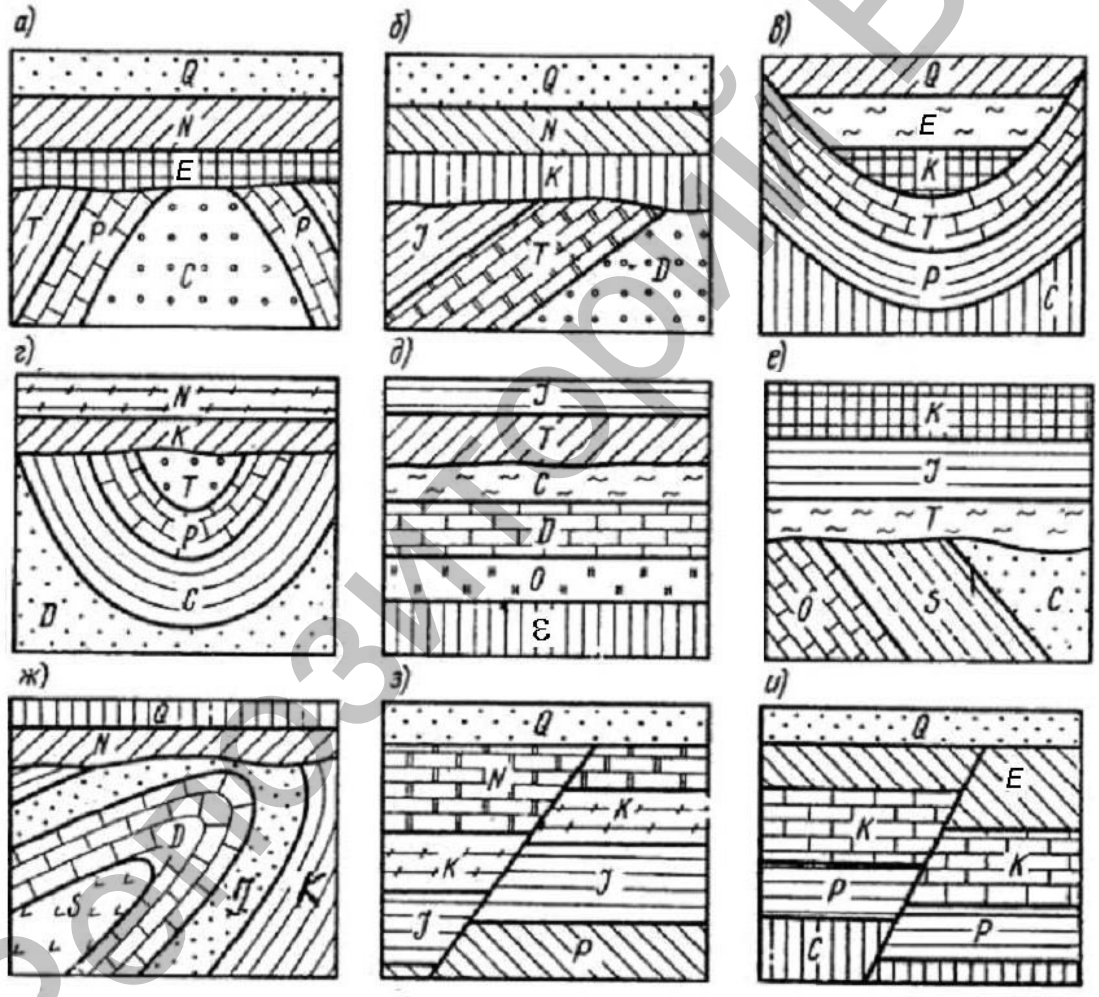

Рис. 7. **Схематические геологические разрезы.**

Задание 2. На рис. 8 изображены фрагменты геологических карт территорий с примерно горизонтальной поверхностью рельефа масштаба 1:2000. Согласно предложенному варианту покажите возможный разрез по линии I–I в предположении, что слои горных пород залегают согласно, и каждый слой в пределах карты имеет постоянную мощность. Ответьте на вопросы. Какая форма нарушенного залегания

Репозиторий ВГУ

пород (дислокация) видна на карте и разрезе? Между породами какого возраста наблюдается стратиграфический перерыв?

Варианты	№ рисунка	Варианты	№ рисунка	Варианты	№ рисунка
1	8, а	4	8, г	7	8, ж
2	8, б	5	8, д	8	8, з
3	8, в	6	8, е	9	8, и

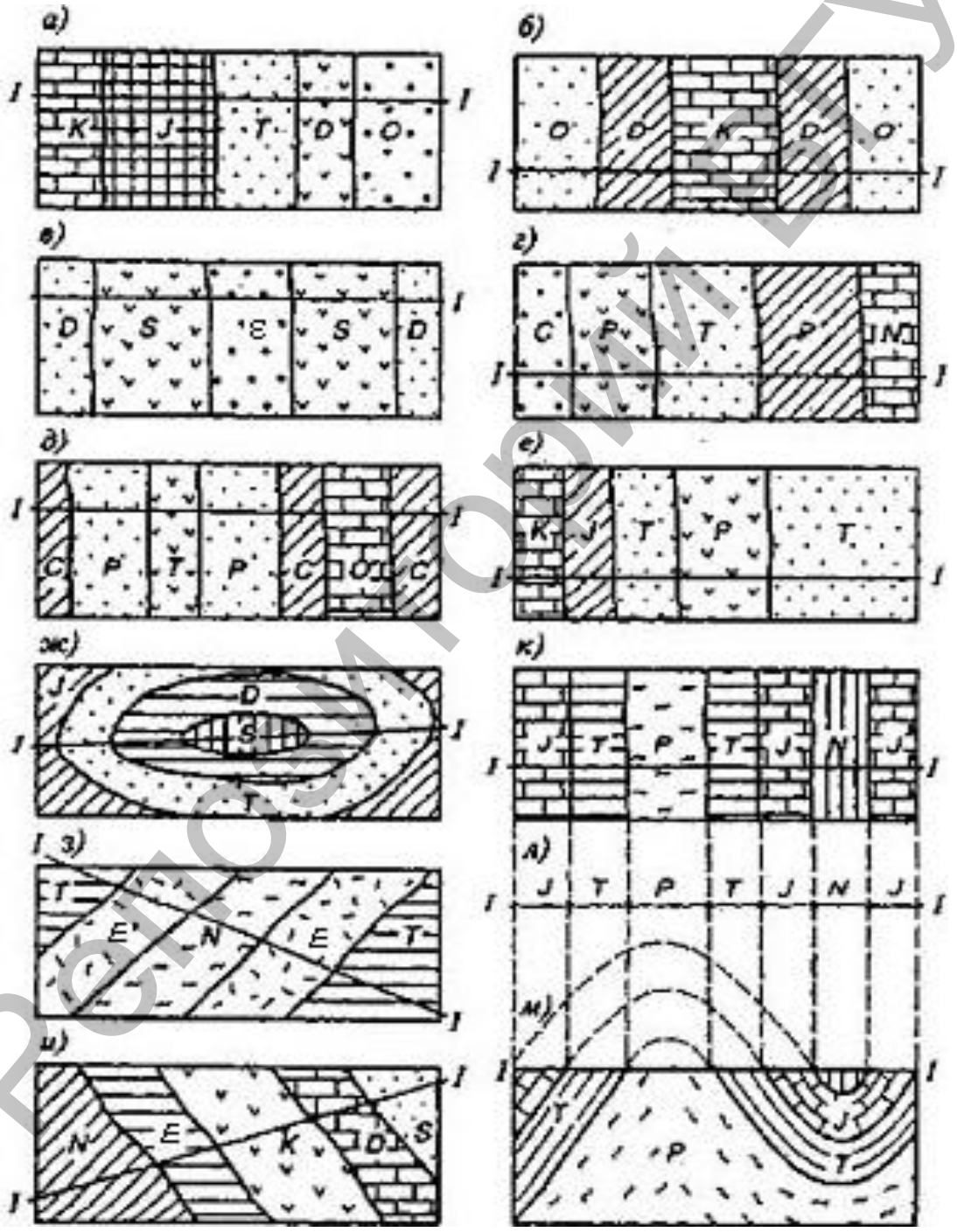

Рис. 8. **Фрагменты геологических карт для участков с горизонтальной поверхностью Земли.**

Репозиторий БГУ

Задание 3. На рис. 9 изображены фрагменты геологических карт на топографической основе масштаба 1:2000 и условные обозначения к ним. Согласно предложенному варианту постройте геологический разрез по линии I–I, приняв вертикальный масштаб 1:500, горизонтальный 1:1000.

Варианты	№ рисунка	Варианты	№ рисунка	Варианты	№ рисунка
1	9, а	4	9, г	7	9, ж
2	9, б	5	9, д	8	9, з
3	9, в	6	9, е	9	9, и

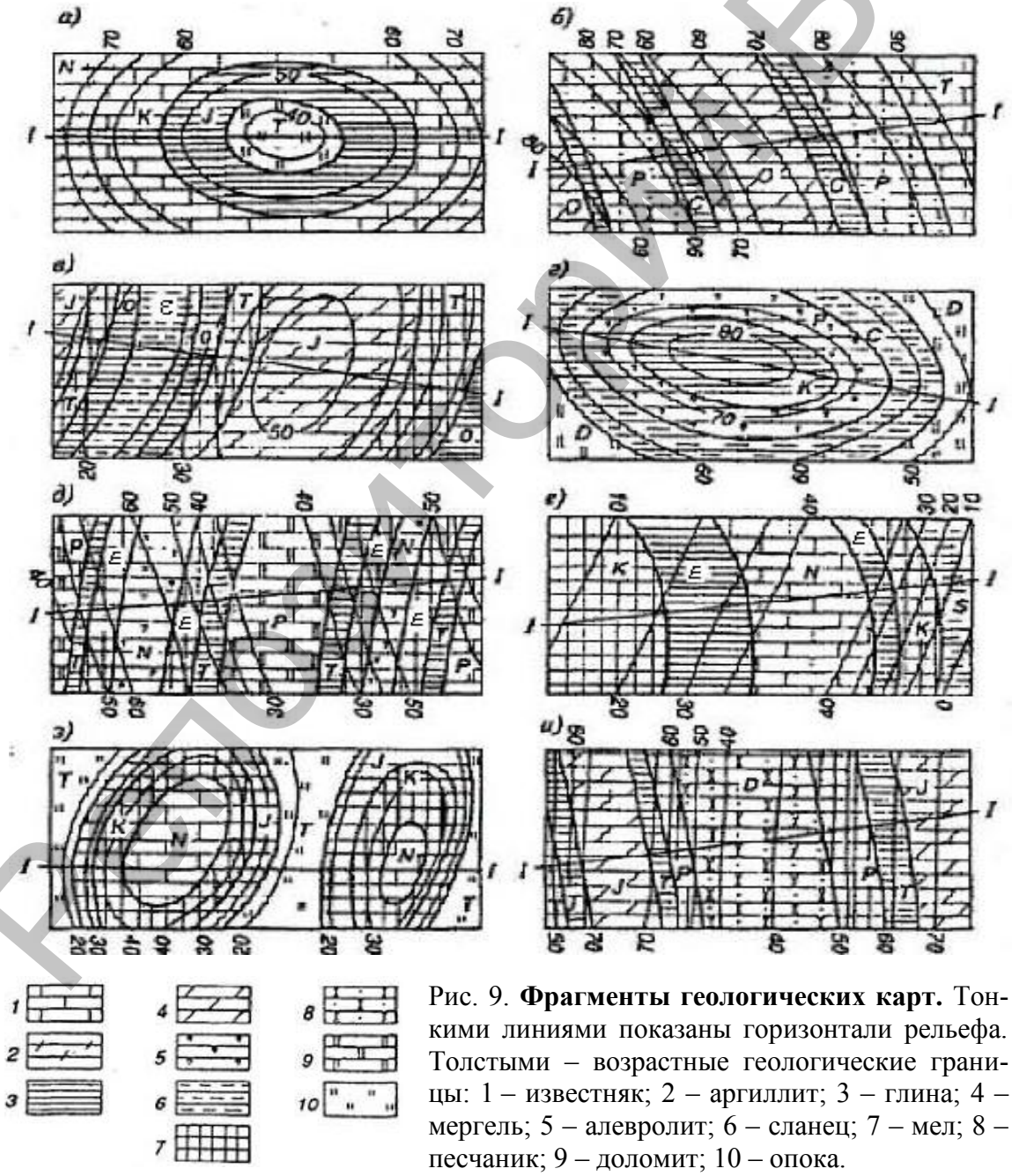

Рис. 9. **Фрагменты геологических карт.** Тонкими линиями показаны горизонтали рельефа. Толстыми – возрастные геологические границы: 1 – известняк; 2 – аргиллит; 3 – глина; 4 – мергель; 5 – алевролит; 6 – сланец; 7 – мел; 8 – песчаник; 9 – доломит; 10 – опока.

Репозиторий ВГУ

Ответьте на вопросы. Какая форма залегания осадочных горных пород представлена в разрезе? Между какими слоями наблюдается стратиграфический перерыв? Назовите геологический возраст каждой литологической разности горных пород, развитых в пределах карты. На какие периоды пришелся стратиграфический перерыв?

Задание 4. Постройте геологический разрез по линии Брест–Береза–Барановичи–Минск–Лепель–Витебск с использованием физической карты, геологической карты дочетвертичных отложений и тектонической карты Беларуси масштаба 1:1250000 (Национальный атлас Беларуси, 2002), условных обозначений к ним и данных табл. 19. Охарактеризуйте в общих чертах историю геологического развития территории Беларуси, вытекающую из анализа разреза. Для построения разреза следует принять масштабы: горизонтальный 1:1250000, вертикальный 1:25000.

Таблица 19

Характеристика геологического строения населенных пунктов Беларуси

Населенный пункт		Брест	Береза	Барановичи	Минск	Лепель	Витебск
Абсолютная отметка земной поверхности, м		150	145	190	215	160	190
Абсолютная отметка кровли пород кристаллического фундамента ($AR–PR_1$), м		-1300	-370	-50	-300	-400	-1200
Осадочный чехол и мощность слагающих его отложений, м							
PR_2	R	–	100	20	85	–	590
	V	400	250	80	210	320	350
ε		390	–	–	–	–	–
O		50	–	–	–	–	–
S		300	–	–	–	–	–
D_{1-2}		–	–	–	80	130	230
D_3		–	–	–	–	–	140
J		70	–	–	–	–	–
K		170	60	35	20	–	–
E+N		20	40	35	–	–	–
Q		50	65	70	120	110	80

Оборудование: листы плотной и миллиметровой бумаги, чертежные принадлежности, цветные карандаши, Национальный атлас Беларуси (2002).

Репозиторий ВГУ

Вопросы для самоконтроля к разделу 3

1. Что такое геологическая карта и для чего ее составляют?
2. Перечислите типы геологических карт.
3. Как различаются геологические карты по масштабу?
4. Что относят к площадным, линейным и точечным объектам, отражаемым на геологических картах?
5. В чем заключается техника геологического картирования?
6. Что используют в качестве основы для геологического картирования?
7. Что представляет собой легенда к геологической карте?
8. Какую информацию содержат стратиграфические колонки?
9. Что такое геологический разрез и для чего его строят?
10. В какой последовательности выполняют построение геологического разреза?

Репозиторий ВГУ

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Барская, В.Ф. Практические работы по общей геологии: учеб. пособие для студ. пед. ин-тов / В.Ф. Барская, Г.И. Рычагов. – М.: Просвещение, 1970. – 158 с.

2. Белоусов, В.В. Геотектоника: учеб. пособие для геол. спец. вузов / В.В. Белоусов. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1976. – 334 с.

3. Бондарев, В.П. Практикум по геологии с основами палеонтологии: учеб. пособие / В.П. Бондарев, А.Е. Себаринов. – М.: Просвещение, 1980. – 143 с.

4. Геология с основами палеонтологии: метод. пособие к лаб. работам. Ч. 1. Вещественный состав земной коры / сост. А.Н. Галкин. – Витебск: Изд-во УО «ВГУ им. П.М. Машерова», 2002. – 55 с.

5. Геология с основами палеонтологии: метод. пособие к лаб. работам. Ч. 2. Восстановление физико-географических условий прошлого Земли / сост.: А.Н. Галкин, А.А. Недовизин. – Витебск: Изд-во УО «ВГУ им. П.М. Машерова», 2002. – 66 с.

6. Еремин, А.В. Практические работы по исторической геологии: учебное пособие для студентов-заочников I–II курсов географических факультетов педагогических институтов / А.В. Еремин. – М.: Просвещение, 1979. – 120 с.

7. Карташев, В.Ф. Методы исторической геологии: учеб. пособие / В.Ф. Карташев, А.А. Недовизин. – Гомель: Изд-во ГГУ, 1980. – 100 с.

8. Короновский, Н.В. Историческая геология: учеб. для студ. вузов, обуч. по спец. «Геология» / Н.В. Короновский, В.Е. Хаин, Н.А. Ясаманов. – 3-е изд., стер. – М.: ИЦ «Академия», 2008. – 458 с.

9. Пособие к лабораторным занятиям по общей геологии: учеб. пособие для вузов / В.Н. Павлинов, А.Е. Михайлов, Д.С. Кизельватер и др. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Недра, 1983. – 160 с.

10. Практическое руководство по общей геологии: учеб. пособие для вузов / А.И. Гущин, М.А. Романовская, А.Н. Стафеев, В.Г. Талицкий; под ред. Н.В. Короновского. – 2-е изд., стер. – М.: ИЦ «Академия», 2007. – 160 с.

11. Фисуненко, О.П. Практикум по геологии: учеб. пособие для студ. геогр. и биол. спец. пед. ин-тов / О.П. Фисуненко. – М.: Просвещение, 1977. – 128 с.

12. Хаин, В.Е. Общая геотектоника / В.Е. Хаин. – 2-е изд. – М.: Наука, 1973. – 512 с.

13. Чернышев, С.Н. Задачи и упражнения по инженерной геологии: учеб. пособие / С.Н. Чернышев, А.Н. Чумаченко, И.Л. Ревелис. – 3-е изд., испр. – М.: Высш. шк., 2002. – 254 с.

Репозиторий ВГУ

Репозиторий ВГУ