

Министерство образования и науки Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Оренбургский государственный университет»

Н.П. Галянина, Е.Г. Щеглова, А.С. Степанов

ГЕОЛОГИЯ С ОСНОВАМИ ГЕОМОРФОЛОГИИ

Учебное пособие

Рекомендовано ученым советом федерального государственного образовательного учреждения высшего образования «Оренбургский государственный университет», для обучающихся по образовательным программам высшего образования по направлению подготовки 05.03.02 География, по специальности 21.05.02 Прикладная геология

Оренбург
2018

УДК 551.4(075.8)

ББК 26.3я73

Г17

Рецензент - кандидат геолого-минералогических наук А.П. Бутолин

Галянина, Н.П.

Геология с основами геоморфологии: учебное пособие/ Н.П. Галянина, Е.Г. Щеглова, А.С. Степанов; Оренбургский гос.ун-т.- Оренбург: ОГУ, 2018. –129 с.

ISBN

В учебном пособии изложена методика выполнения практических работ по дисциплине «Геология с основами геоморфологии». В пособии приведены основные сведения о генезисе главнейших породообразующих минералов, наиболее распространенных горных породах магматического, осадочного и метаморфического происхождения. Изложена методика построения геологических карт и разрезов. В конце каждой работы приводятся контрольные вопросы для проверки знаний по пройденному материалу.

Учебное пособие предназначено для обучающихся по образовательным программам высшего образования по направлению подготовки 05.03.02 География, по специальности 21.05.02 Прикладная геология, очной формы обучения.

УДК 551.4(075.8)

ББК 26.3я73

ISBN

©Галянина Н.П.,
Щеглова Е.Г.,
Степанов А.С., 2018
©ОГУ, 2018

Содержание

Введение.....	6
1 Практическая работа № 1. Образования минералов в природе.....	7
1.1 Эндеогенное минералообразование	7
1.1.1 Магматический процесс	8
1.1.2 Пневматолито-гидротермальный процесс.....	10
1.1.3 Пегматитовый процесс	12
1.1.4 Метаморфизм.....	14
1.2 Экзогенное минералообразование.....	18
1.2.1 Процессы выветривания	18
1.2.2 Осадочный процесс.....	22
1.2.3 Диагенез.....	24
1.3 Задания для выполнения практической работы № 1	26
2 Практическая работа № 2. Породообразующие минералы, их свойства.....	28
2.1 Диагностика основных породообразующих минералов	29
2.1.1 Оптические свойства минералов	30
2.1.2 Механические свойства минералов.....	36
2.1.3 Дополнительные свойства минералов	41
2.2 Классификация минералов	42
2.3 Задания для выполнения практической работы № 2.....	46
2.4 Контрольные вопросы.....	47
3 Практическая работа № 3. Определение магматических горных пород.....	48
3.1 Классификация магматических горных пород.....	48
3.2 Строение магматических горных пород	49
3.3 Задания для выполнения практической работы № 2.....	53
3.4 Контрольные вопросы.....	54
4 Практическая работа № 4. Определение осадочных горных пород	55
4.1 Обломочные осадочные породы.....	58
4.2 Глинистые осадочные горные породы.....	63

4.3 Хемогенные и органогенные осадочные горные породы	64
4.4 Задания для выполнения практической работы № 4	64
4.5 Контрольные вопросы.....	66
5 Практическая работа №5. Метаморфические горные породы	67
5.1 Структура и текстура метаморфических пород.....	68
5.2 Классификация метаморфических пород	71
5.3 Задания для выполнения практической работы № 5	73
5.4 Контрольные вопросы.....	75
6 Практическая работа № 6. Общие сведения о геологической карте, содержание геологических карт.....	76
6.1 Типы и масштабы геологических карт.....	76
6.1.1 Условные обозначения на геологических картах	77
6.1.2 Составление стратиграфической колонки	82
6.2 Последовательность выполнения практической работы № 6	84
6.3 Контрольные вопросы.....	86
7 Практическая работа № 7. Построение геологических карт и разрезов на площадях с горизонтальным залеганием пород.....	87
7.1 Признаки горизонтального залегание слоев горных пород.....	88
7.2 Составление геологического разреза	90
7.3 Последовательные стадии построения геологического разреза	93
7.4 Задания для выполнения практической работы № 7	97
7.5 Контрольные вопросы.....	99
8 Практическая работа № 8. Геоморфологические карты, построение геолого-геоморфологического профиля.....	100
8.1 Классификация геоморфологических карт.....	100
8.1.1 Масштаб геоморфологических карт.....	102
8.2 Составление геоморфологических карт.....	104
8.2.1 Структурные точки рельефа.....	108
8.2.2 Определение генетических категорий рельефа.....	109
8.2.3 Составление легенды геоморфологических карт.....	111

8.3 Методика построения геолого-геоморфологического профиля.....	113
8.4 Задания для выполнения практической работы № 8.....	119
8.5 Контрольные вопросы.....	122
Список использованных источников	123
Приложение А.....	125
Приложение Б	127

Введение

Данное учебное пособие представляет собой сборник практических работ по дисциплине «Геология с основами геоморфологии», выполняемых студентами очной формы обучения, на втором курсе по направлению подготовки 05.03.02 География, по специальности 21.05.02 Прикладная геология.

Учебное пособие составлено с учетом требований Государственного образовательного стандарта высшего образования и соответствует рабочей программе по одноименной дисциплине.

Целью данного издания является формирование у студентов следующих умений и навыков:

- определять минералы и горные породы;
- освоить методику составления геологических карт и построения геологических разрезов;
- описание различных генетических типов и форм рельефа;
- чтения геоморфологических карт;
- построение и оформление геолого-геоморфологического профиля.

Задачей практических занятий является закрепление теоретических знаний по геологии с основами геоморфологии для решения с их помощью практических вопросов. В процессе их решения студенты приобретают необходимые навыки в диагностики основных породообразующих минералов и горных пород, чтении геологических карт, разрезов и стратиграфических колонок.

Описание каждой практической работы состоит из двух частей. В первой из них приводится обстоятельное теоретическое обоснование раздела, которому посвящены предлагаемые задание, а во втором исходные данные к работе и методика выполнения заданий.

При составлении данного пособия использовались опубликованные практические руководства по, минералогии и петрографии магматических, осадочных и метаморфических горных пород, геоморфологии.

1 Практическая работа № 1. Образования минералов в природе

Минералы образуются под воздействием самых разнообразных процессов, протекающих в толще земной коры и на ее поверхности. По источнику энергии их можно разделить на две группы:

- *эндогенные* (“изнутри рожденные”), образующиеся за счет внутренней энергии Земли; процессы минералообразования протекают на различных глубинах и при различных, но обычно высоких, значениях температуры и давления;

- *экзогенные* (“извне рожденные”), образующиеся за счет энергии, получаемой Землей извне, главным образом от Солнца; процессы минералообразования развиваются на поверхности или вблизи поверхности Земли за счет внешних факторов при низких температурах и давлении (близком к атмосферному).

1.1 Эндогенное минералообразование

В глубинных участках земной коры и верхней мантии отдельные объемы вещества переходят в расплавленное состояние, образуя магматические очаги. Находящаяся в них под большим давлением магма способна внедряться в земную кору, образуя различные изверженные (интрузивные) породы, или даже изливаться на поверхность при вулканических извержениях (эффузивные породы). Эндогенные процессы, осуществляя миграцию вещества из недр Земли к ее поверхности, вводят в состав земной коры химические элементы глубинных участков Земли.

В минералообразовании, связанном с внедрением в земную кору силикатных расплавов (магмы), можно выделить следующие процессы:

1) собственно магматический - образование минералов происходит непосредственно из остывающей магмы;

2) пневматолито-гидротермальный, когда образование минералов происходит из порождаемых магмой парогазовых смесей (газообразных выделений - пневматолитиз и горячих водных растворов - гидротермальный процесс). Следует

указать, что преимущественная роль в рассматриваемых процессах минералообразования принадлежит гидротермальным растворам;

3) пегматитовый процесс (по А.Е.Ферсману) идет за пределами интрузива в остаточных, вырвавшихся из расплава, легкоподвижных парогазовых смесях, содержащих как элементы магматического расплава, так и щелочные металлы и особенно редкие и редкоземельные элементы. Пегматиты залегают в виде жил, связанных с интрузивом. В образовании пегматитов и слагающих их минералов участвуют как магматогенный, так и пневматолито-гидротермальный процессы. Согласно А.Н. Заварицкому, пегматиты образуются из вмещающих пород (окружающих магматический расплав) путем перекристаллизации и изменения их состава под действием обогащенных летучими компонентами остаточных растворов;

4) чрезвычайно большое значение имеет эндогенное минералообразование при метаморфизме (преобразовании) горных пород, осуществляемом в условиях высоких температур и больших давлений. Минералообразование при этом происходит в результате контакта магмы с вмещающими интрузию породами, а также воздействия на последние летучих соединений и гидротермальных растворов. Эти растворы могут выделяться магмой и возникать из подземных вод поверхностного происхождения, нагреваемых при опускании их на большие глубины. Метаморфические преобразования происходят и с только что сформировавшимися в интрузии минералами за счет собственного тепла и давлений.

1.1.1 Магматический процесс

В процессе геологического развития Земли в отдельных ее участках возникают магматические очаги, выполненные силикатным расплавом (магмой) сложного состава (SiO_2 , Al_2O_3 , $\text{FeO}+\text{Fe}_2\text{O}_3$, MgO , CaO , Na_2O , K_2O) с большим количеством летучих соединений (газов-минерализаторов), разных металлов, углекислоты, фтористого и хлористого водорода, паров воды и т. д. Считается, что химические

элементы находятся в магме в виде комплексных анионов: $[\text{SiO}_4]$, $[\text{AlO}_4]$, $[\text{AlSiO}_4]$, $[\text{AlSi}_3\text{O}_8]$ и свободных катионов металлов: Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Fe^{2+} , Fe^{3+} и др.

Магма поднимается по разломам к земной коре и застывает здесь (кристаллизуется) на глубинах нескольких километров или даже может вырываться на поверхность Земли в виде лавы, через вулканы. При остывании расплава из него образуются разные минералы, но при кристаллизации магмы на глубине (интрузивный процесс) большую роль играют существующие в недрах Земли высокие температура и давление. В этом случае затруднено выделение из магмы содержащихся в ней летучих газов-минерализаторов и часть их входит в состав образующихся из магмы минералов. Принято считать, что температура кристаллизации в глубинных условиях составляет $900\text{ }^\circ\text{C}$ - $700\text{ }^\circ\text{C}$. Следует отметить, что продолжительность остывания интрузивных тел в недрах Земли, вследствие затруднительности теплообмена магматического расплава с вмещающими породами, может составлять от десятков тысяч лет (для небольших тел) до десятков миллионов лет (для крупных тел размером в десятки километров).

При излиянии магмы в виде лавы на поверхность Земли температура лав колеблется в пределах $1000\text{ }^\circ\text{C}$ - $1200\text{ }^\circ\text{C}$ и изредка достигает $1350\text{ }^\circ\text{C}$. Содержащиеся в лаве летучие соединения вызывают взрывы, уходят в атмосферу и лишь в незначительной степени входят в состав возникающих при этом минералов.

В магматическую стадию образуются самые разнообразные минералы, из которых самыми характерными для этой стадии и главными минералами (они составляют 84 % в составе изверженных пород) являются силикаты - соли с различными кремнекислородными радикалами. Из других минералов преобладает кварц, являющийся окислом кремния. Уже здесь, помимо кристаллизации из расплава, начинают играть роль процессы минералообразования при участии парообразных и газообразных соединений элементов, получающие самостоятельное развитие в последующую пневматолитовую и гидротермальную стадии минералообразования.

По химическому составу и окраске магматогенных минералов среди них различают цветные и темные минералы, содержащие много железа и магния, и светлые, в которых много кремнезема и алюминия.

К первым минералам относятся: хромит, магнетит, оливин, авгит (группа пироксенов), роговая обманка (группа амфиболов), биотит и др.; к светлым - полевые шпаты (ортоклаз, микроклин), лабрадор, биотит, мусковит, нефелин, оливин, кварц, апатит, алмаз и др. Кроме этого, выделяются различные второстепенные (аксессуарные) минералы, составляющие не больше 5 % от общего объема породы. Из самородных элементов в изверженных породах редко встречаются золото, углерод (графит) и чаще (в основных породах) - платина.

Минералы выделяются из магмы в виде двух рядов реакций в следующей последовательности: в одном ряду раньше всех - апатит, магнетит, циркон и т. д., затем оливин, пироксены, амфиболы и т. д., в другом ряду - плагиоклазы, калиевые полевые шпаты, щелочные пироксены и т. д. и последним в обоих рядах - кварц. Калиевые полевые шпаты, кварц, слюды это конечные продукты кристаллизации магмы и они образуют эвтектическую смесь. Эвтектический расплав кристаллизуется при температурах более низких, чем отдельные его компоненты. Сочетания компонентов из двух рядов могут кристаллизоваться параллельно (оливин и пироксены с основными плагиоклазами и т.п.).

1.1.2 Пневматолито-гидротермальный процесс

Кристаллизация магмы на глубине сопровождается выделением из расплава сначала соединений, летучих при высоких температурах (900 °С -1000 °С) - хлориды и фториды кремния, бора, алюминия, олова, титана и других элементов, а затем - соединений, летучих даже в условиях земной поверхности (при температурах 375 °С - 100 °С) - вода, углекислота, фтористый и хлористый водород, хлор, бериллий, бор, сернистый газ и т. д. Выделение летучих компонентов происходит как при понижении внешнего гидростатического давления, так и когда внутреннее давление становится больше внешнего. Из газообразных эманаций и из образующихся из них гидротермальных растворов возникает большое количество разных минералов. Так в современных и недавно действовавших вулканах в трещинах обнаружены скопления серы, соды, борной кислоты, поваренной соли и

других минералов пневматолитового происхождения. А в хлористых возгонах лав Ключевского вулкана (п-ов Камчатка) присутствуют в повышенных количествах мышьяк, ртуть, серебро и другие элементы. Промышленного значения такие скопления не имеют.

Водяной пар, выделяющийся из остывающей магмы, находится под большим давлением и сгущается при температуре $500\text{ }^{\circ}\text{C} - 350\text{ }^{\circ}\text{C}$ в воду, которая является сильной и активной кислотой. Такие водные (гидротермальные) растворы называются ювенильными. Они содержат в себе растворенными ряд элементов и соединений, способны растворять почти все до золота включительно, поэтому они дополнительно обогащаются элементами и соединениями при движении по трещинам в горных породах. Чистая вода сгущается при температуре $374,16\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Гидротермальные растворы, приближаясь к поверхности Земли (в область пониженных давлений), охлаждаются. По пути движения их происходит непрерывная смена физико-химических обстановок, и из растворов выпадают различные элементы и их соединения в следующей последовательности: первыми - высокотемпературные (выпадающие при температурах $400\text{ }^{\circ}\text{C} - 300\text{ }^{\circ}\text{C}$), среднетемпературные (при температурах $300\text{ }^{\circ}\text{C} - 200\text{ }^{\circ}\text{C}$) и низкотемпературные (при температурах $200\text{ }^{\circ}\text{C} - 30\text{ }^{\circ}\text{C}$). При этом возникает зональное расположение минералов и химических элементов с удалением от магматического очага.

При взаимодействии летучих соединений и образовавшихся из них растворов может происходить образование новых минералов. В образовании новых минералов широко участвуют процессы замещения одних минералов другими (метасоматоз), особенно когда растворы контактируют с химически легко реагирующими породами (например, известняки, доломиты). При метасоматозе растворение прежних минералов и отложение на их месте новых происходит почти одновременно при сохранении породой твердого состояния.

Поверхностные воды, опускаясь на глубину (вадозные воды), повышают свою температуру (до $300\text{ }^{\circ}\text{C}$ и выше) и образуют также гидротермальные растворы, которые выщелачивают на своем пути различные элементы из вмещающих пород и могут стать сами источником минералообразования.

Из гидротермальных растворов возникает большое количество разнообразных минералов и образуются жильные месторождения полезных ископаемых. Продолжительность формирования отдельных таких месторождений измеряется сотнями тысяч, миллионами и десятками миллионов лет.

Пневматолито-гидротермальные минералы представлены почти всеми классами минералов. Это - самородные элементы, сернистые соединения, галоиды (отчасти), окислы, карбонаты, сульфаты (отчасти) и вольфраматы.

Размещение гидротермальных месторождений полезных ископаемых обычно связано с наличием в земной коре полостей тектонического происхождения (трещин) или участков трещиноватых и пористых пород, по которым могут продвигаться минеральные растворы. Минералы гидротермального происхождения: золото, сера, пирит, галенит, сфалерит, киноварь, халькопирит, антимонит, молибденит, флюорит, кварц, касситерит, кальцит, арагонит, сидерит, доломит, магнетит, барит, вольфрамит, шеелит. Типичные месторождения: кварцево-золоторудное – на Урале, касситерит-сульфидные – в Восточной Сибири, вольфрамитовые – в Забайкалье, свинцово-цинковые – на Алтае, сурьмы, ртути, мышьяка – в Средней Азии (Хайдаркен), в Донбассе – Никитовское.

1.1.3 Пегматитовый процесс

Как указывалось выше, образование пегматитов происходит в два этапа. На первом этапе тело пегматита формируется в результате кристаллизации остаточного расплава - последних порций магмы, оставшихся после кристаллизации большей части магмы. В том случае, когда содержащиеся в магме летучие компоненты могут быстро выделиться из нее (вследствие трещиноватости или пористости вмещающих пород), образуется мелкозернистая кварцево-полевошпатовая порода - аплит. Но когда минерализаторы не могут быстро выделиться, кристаллизация магмы будет происходить медленно, сопровождаясь образованием крупных кристаллов, характерных для пегматитов. На втором этапе, образовавшиеся пегматиты

преобразовывались в результате воздействия на них пневматолитовых и гидротермальных процессов.

Согласно другой точке зрения, пегматиты возникают из обычных магматических пород (гранитов, гранит-аплитов и т. д.) путем перекристаллизации и метасоматического преобразования участков, наиболее доступных этим процессам. Превращение в пегматиты исходных магматических пород совершается под влиянием глубинных газоводных растворов, проникающих в пористые и трещиноватые участки пород (процессы метаморфизма).

Таким образом, пегматиты образуются в две стадии и в формировании их участвуют как магматические, так и постмагматические процессы.

Пегматиты образуются в виде жил и линзовидных образований как внутри интрузивных тел, так и во вмещающих их породах. Минералы этой группы характеризуются крупной зернистостью и иногда гигантскими размерами (несколько метров) слагающих их минералов. Пегматиты могут быть генетически связаны с разными магматическими породами - от кислых до ультраосновных. Среди них наибольшим распространением пользуются гранитные пегматиты, состоящие из кварца, полевых шпатов и слюды. Содержание мусковита в отдельных случаях составляет 10-20 %, а вес отдельных кристаллов его достигает одной тонны. Для гранитных пегматитов характерен часто встречающийся своеобразный рисунок прорастания плагиоклазов кварцем («еврейские письма»).

Различают пегматиты простого состава (кварц, полевые шпаты, слюда) и сложного состава, в которых, кроме упомянутых, встречаются изумруды, топаз, турмалин, берилл, апатит, а также редко встречаемые в других эндогенных месторождениях соединения лантана, бериллия, олова, цезия, тантала, ниобия, циркония, лития, урана редких земель, а также пьезокварца и т. д. Из рудных минералов в пегматитах сложного состава встречаются вольфрамит, касситерит, молибденит и другие минералы, имеющие, однако, большее распространение в метаморфических и гидротермальных месторождениях. Указанные выше минералы имеют более позднее, чем основная масса пегматита, пневматолито-гидротермальное происхождение (главным образом за счет перекристаллизации и

метасоматического замещения ранее образовавшихся минералов). Для таких (сложных) пегматитов характерно замещение полевых шпатов (главным образом - микроклина) альбитом (плагиоклаз). В результате метасоматических преобразований первоначального материала пегматитовых жил и создавались все минералы, содержащие редкие элементы и крупнокристаллические промышленно ценные слюды. Месторождения пегматитов известны на Кольском полуострове, в Забайкалье и других местах.

1.1.4 Метаморфизм

Метаморфизм - это ряд преобразований состава и строения, ранее возникших горных пород (осадочных, изверженных, а также ранее возникших метаморфических, а, следовательно, и слагающих их минералов) в глубинных зонах земной коры под воздействием высоких температур, давлений, а также воздействия горячих газов и водных растворов.

Проявление процессов метаморфизма происходит в течение больших промежутков времени, измеряемых миллионами и сотнями миллионов лет, когда даже незначительные по своей интенсивности факторы могут привести к большим изменениям.

Главными факторами для метаморфизма являются повышенные температура и. Обычно температура и давление действуют одновременно, но с разной интенсивностью, причем может быть резкое преобладание одного какого-нибудь фактора. Кроме того, давление может быть односторонне направленным и всесторонним - гидростатическим. Повышенная температура увеличивает химическую активность растворов, ускоряет химические реакции взаимодействия их с минералами и перекристаллизацию последних.

Раскаленная магма, внедряясь в породы земной коры и оказывая на них давление, приносит с собой много тепла и ряд веществ в парообразном или жидком состоянии, облегчающим реакции их с вмещающими породами. Наряду с высоко-

температурным метаморфизмом наблюдаются случаи преобразования прежних минералов и образование новых при невысоких температурах - гидрометаморфизм.

Температуры образования типичных метаморфических пород принимаются в пределах от 300 °С —400 °С и до 1000 °С, редко до 1200 °С. Такое повышение температуры в земной коре может возникнуть как при внедрении в нее магмы и воздействии горячих растворов, так и в результате погружения при тектонических процессах участков (блоков) земной коры на большие глубины.

При метаморфизме, как правило, не происходит существенного расплавления пород, но изменяются минеральный и химический состав руд и горных пород, их физические свойства, а иногда и сама форма минеральных залежей. Например, из гидроокислов железа образуется магнетит или гематит, из опала - кварц, углистое вещество превращается в графит, известняк перекристаллизовывается в мрамор и происходят другие преобразования минералов и пород, приводя иногда к образованию месторождений полезных ископаемых.

Минералогический состав метаморфических пород очень разнообразен. Одни минералы встречаются как в исходных породах, так и в продуктах их изменения, другие - являются новообразованиями и специфичны для отдельных видов метаморфических пород.

Различают следующие виды метаморфизма: контактовый и автометаморфизм, региональный и динамометаморфизм [1].

Контактовый отмечается в зонах контакта внедряющихся в земную кору расплавленных магматических масс и вмещающих твердых пород. Здесь происходит воздействие как тепла от магмы на вмещающие породы, так и воздействием на них газов и растворов, выделяемых магмой, которые, с удалением от контакта, будут главной причиной перекристаллизации пород, возникновения новых минералов.

По периферии интрузивного массива возникает ореол измененных пород различной ширины: от нескольких миллиметров и сантиметров (у небольших тел) до сотен метров и единиц километров у больших интрузий. Эти изменения захва-

тывают как внешнюю часть интрузивного массива, так и соприкасающиеся с ним породы кровли (вмещающие породы).

При контактовом метаморфизме часто происходят процессы метасоматоза - замещения одних минералов другими, но без изменения объема. Частным случаем контактово-метасоматического метаморфизма является образование скарнов, чаще всего - на контактах магматических пород (таких, как гранодиориты, кварцевые диориты) с известняками и доломитами. Скарны состоят главным образом из силикатов кальция, железа, алюминия и других элементов. К скарнам иногда бывают приурочены крупные месторождения полезных ископаемых - железа, вольфрама, свинца и цинка, меди и т. д. (гора Магнитная на Урале).

Автометаморфизм это изменения магматических пород, происходящие вслед за их кристаллизацией. Они вызываются газовыми эманациями и гидротермальными растворами, мигрирующими из магматического очага и формирующегося интрузивного тела, в результате чего происходит переработка прежних минералов и образование новых. Миграция летучих компонентов обуславливает грейзенизацию, а горячих растворов - серпентинизацию, каолинизацию и другие явления. Грейзены представляют собой (обычно) массивы гранитов, переработанных пневматолито-гидротермальными процессами. В состав их, кроме кварца и светлой слюды, часто входят топаз, флюорит, турмалин и другие минералы.

При контактном метаморфизме (включая контактово-метасоматические и гидротермальные процессы) образуются следующие минералы: графит, пирит, халькопирит, галенит, сфалерит, молибденит, гематит, корунд и его разновидности (рубин, сапфир), магнетит, кварц, касситерит, вольфрамит, шеелит, кальцит, сидерит, апатит, полевые шпаты, пироксены (авгит), амфиболы (роговая обманка), слюды, гранаты, топаз, турмалин, серпентин, асбест, эпидот, оливин, тальк, каолинит.

Региональный метаморфизм (глубинный) охватывает огромные пространства. Он проявляется в совместном воздействии на горные породы высоких давлений и температур (в пределах 360 °С -1000°С), магматических расплавов и постмагматических растворов. Территории развития регионального метаморфизма

приурочены к участкам земной коры, прошедшим геосинклинальную стадию развития. Для этого вида метаморфизма характерно образование таких минералов, как кварц, полевые шпаты, слюда, гранаты, турмалин, роговая обманка, эпидот, корунд, апатит, хлорит, магнетит, графит, которые входят в состав образующихся в этих условиях различных метаморфических пород (гнейсы, кристаллические и метаморфические сланцы и т. д.).

При региональном метаморфизме образовавшиеся в экзогенных условиях богатые водой минералы переходят в безводные или бедные водой минералы. В результате регионального метаморфизма образуется ряд рудных минералов, иногда в промышленных количествах, например, железные руды в железистых кварцитах (Кривой Рог, Курская магнитная аномалия).

Динамометаморфизм протекает без участия магмы при низких температурах (от 300 °С — 400 °С), но при высоком давлении. При этом виде метаморфизма происходят деформации, как сопровождаемые механическим раздроблением зерен минералов, так и без него. Образуются минералы, обладающие листоватыми, столбчатыми и игольчатыми формами, ориентирующиеся перпендикулярно направлению давления; возникает сланцеватость горных пород. Характерные минералы зоны динамометаморфизма - эпидот, альбит, слюды, хлорит, гранаты, тальк, кварц и другие.

Необходимо иметь в виду, что при метаморфизме, помимо высоких температур и давлений, большую роль играют гидротермальные процессы. В последних принимают участие как ювенильные воды, выделяемые остывающими магмами, так и вадозные воды поверхностного происхождения. Вместе с тем, ряд упоминавшихся выше минералов является типичным именно для метаморфизованных пород: амфиболы, пироксены, эпидот, гранаты, слюды, хлориты, графит, корунд, гематит, серпентин, асбест, тальк, каолинит. Часто содержание тех или иных минералов в метаморфической породе бывает настолько велико, что это отражается в ее названии, например, амфиболовые и пироксеновые гнейсы, биотит-хлоритовые сланцы, кварцево-слюдистые сланцы и другие.

Для всех процессов минералообразования (магматического, пегматитового, пневматолито-гидротермального, метаморфизма) характерно явление парагенезиса – природной ассоциации или совместного нахождения минералов в природе, обусловленное общностью процессов их образования при сходных геологических и физико-химических условиях. Явление парагенезиса отражает последовательность выделения кристаллических фаз сначала из магматического расплава, затем из пегматитового остатка и пневматолито-гидротермальных эманаций, а также при осаждении минералов из водных растворов.

1.2 Экзогенное минералообразование

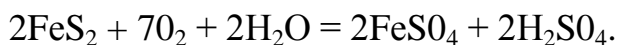
Выделяется несколько способов экзогенного минералообразования: гипергенное (при химическом выветривании), кристаллизация из перенасыщенных истинных растворов, коагуляция коллоидных растворов (в основном при смешивании их с диэлектриками), переход вещества из хорошо растворимого состояния в менее растворимое и биогенное, т.е. минералообразование в процессе жизнедеятельности организмов. Рассмотрим эти виды экзогенного образования минералов.

1.2.1 Процессы выветривания

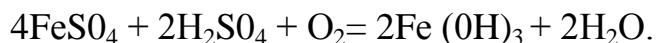
В условиях земной поверхности горные породы и слагающие их минералы испытывают разрушающее воздействие колебаний температур, действия воды, кислорода, углекислоты, жизнедеятельности животных и растительных организмов. Совокупность процессов разрушения горных пород и минералов в приповерхностном слое земной коры и на земной поверхности называется выветриванием. Различают физическое, химическое и биологическое выветривание, которые могут сопровождать друг друга при благоприятных к тому условиях при постоянном воздействии сил гравитации и электромагнитного поля Земли.

При физическом выветривании происходит только механическое разрушение горной породы, распадение ее на обломки и отдельные минералы (дезинтеграция) с дальнейшим раздроблением их и перетиранием при транспортировке к участкам их накопления - долинам рек, морским и озерным бассейнам.

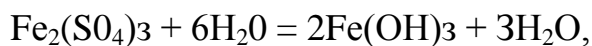
При химическом выветривании изменяется химический состав горных пород и минералов, неустойчивых в условиях земной поверхности. Такому выветриванию подвержены особенно различные изверженные и метаморфические породы, а также осадочные, минералы которых представлены галоидными, карбонатными и сернокислыми соединениями. Здесь действуют процессы растворения, гидролиз, гидратация и дегидратация, окисление. Так, пирит (FeS_2) под действием кислорода и воды превращается вначале в сульфат закиси железа с образованием свободной серной кислоты.



Сульфат закиси железа неустойчив и переходит в сульфат окиси железа



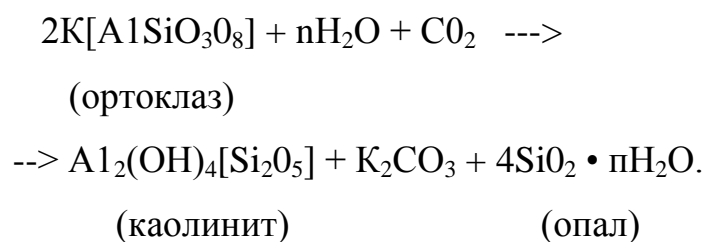
Последний, гидролизуясь, образует гидроокись железа



выпадающую в виде геля, который, дегидратируясь, переходит в лимонит ($\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$) и другие окислы железа. Образующийся в этом случае лимонит может воспроизвести форму замещаемого кристалла пирита, возникнет псевдоморфоза лимонита по пириту.

В природных условиях ангидрит CaSO_4 может, присоединяя воду, переходить в гипс $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. Гематит Fe_3O_3 , присоединяя воду, переходит в лимонит.

Полевые шпаты, при воздействии на них воды и углекислоты, разлагаются, образуя каолинит и опал[1]



Аналогично могут разлагаться в природных условиях и другие алюмосиликаты, причем особенно интенсивно разрушаются железо-магнезиальные силикаты - оливин, роговая обманка, авгит. При этом происходит переход связанного в них железа из закисного в окисное с образованием лимонита, выпадение опала, а также возникновение растворимых карбонатов и бикарбонатов кальция и магния.

В результате выветривания изверженных пород освобождается большое количество химических элементов, образующих различные минералы кор выветривания, речных, морских и озерных осадков: алюминий, барий, бор, железо, золото, калий, кальций, кремний, магний, марганец, медь, молибден, натрий, никель, ртуть, свинец, сера, сурьма, уран, фосфор, фтор, хлор, хром, цинк и другие.

При разрушении горных пород, переносе и частичном или полном растворении обломочного материала горных пород в континентальных условиях накапливаются продукты их разложения и выщелачивания и образуют покровы на неизмененных горных породах, так называемую кору выветривания. Мощность кор выветривания может достигать многих метров (до сотни и больше) и зависит от широты и высоты местности над уровнем моря, состава и строения пород, на которых она развивается, рельефа, тектонических условий и продолжительности процесса. Кору выветривания развиваются интенсивнее в тропических и хуже - в полярных странах. Особенно благоприятен для образования кор выветривания жаркий и влажный климат тропических стран.

Минеральный состав кор выветривания зависит от минералогического состава пород, по которым они развиваются, и климатических условий. Так, для умеренного климата характерно глинистое выветривание с образованием водных алюмосиликатов - каолинита и других глинистых минералов. Для влажного тропического климата характерны латериты - коры выветривания, образующие полуторные окислы алюминия и железа (Al_2O_3 , Fe_2O_3), а кремнезем в виде золя выносится в более глубокие горизонты. Латериты, содержащие гидроокислы алюминия в промышленных размерах, называются бокситами. Железистые латериты являются рудой на железо.

В зависимости от возраста коры выветривания могут быть современными или древними.

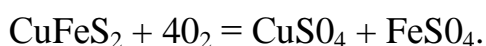
Практический интерес представляют как отдельные участки самих кор выветривания (обнажение коренных скоплений полезного ископаемого), так и продукты их дифференциации - перемыва и переотложения. При транспортировке продуктов разрушения может происходить обособление полезных компонентов, содержащихся в коре выветривания (россыпные месторождения).

С корами выветривания связаны (пространственно или генетически) месторождения алюминия, железа, никеля, марганца и других полезных ископаемых.

В случае выхода на поверхность месторождений полезных ископаемых они, как и породы, подвергаясь постоянному воздействию атмосферных и органических агентов, будут претерпевать механическое и химическое выветривание. На обнажающихся частях месторождений, содержащих окисляющиеся минералы, образуются так называемые железные шляпы, с большой ролью в их составе водных гидроокислов железа.

Особенно часто железные шляпы образуются на обнажающихся участках сульфидных месторождений. Возникающие при этом минералы частью остаются на месте, частью уносятся растворами в более глубокие участки месторождения и за его пределы. В зоне окисления сульфидных месторождений происходят разнообразные химические процессы, в результате которых отсюда может быть полностью удалена сера и большинство тяжелых минералов. На месте остаются лишь различные формы кремнезема, окислы и гидроокислы железа, марганца и алюмокремниевые соединения.

Окисление халькопирита CuFeS_2 идет по следующей схеме:



Сульфат закиси железа в зоне окисления превращается в лимонит, а легкорастворимый сульфат меди уносится в более глубокие участки месторождений.

В зонах окисления медных сульфидных месторождений, особенно если они залегают в известняках или содержат много карбонатов, могут образовываться минералы малахит и азурит. Реакция идет по схеме[1]



Ряд минералов (кварц, магнетит, корунд, циркон, золото, платина и другие) не претерпевают химического разложения и при разрушении породы или месторождения полезного ископаемого освобождаются от связей с другими минералами, накапливаются и образуют россыпные месторождения полезных ископаемых (элювиальные, аллювиальные, озерные и морские россыпи).

1.2.2 Осадочный процесс

При выветривании горных пород и месторождений полезных ископаемых на суше образуются продукты их разрушения (минералы), которые в дальнейшем могут остаться на месте их образования (элювий) или растворившись в ионной форме инфильтруются вглубь. Часть перемещается по склонам под действием силы тяжести и временных струй и формирует делювий. Обломки горных пород, переносимые временными потоками, преимущественно волочением и во взвешенном состоянии образуют накопления в виде пролювия. Часть обломков переносится реками — волочением, во взвешенном состоянии и растворенном виде. Твердая фаза речного переноса, накапливающаяся в руслах рек и в конусах выноса на устье, формирует аллювиальные покровы.

Таким образом, обломочный или растворенный в воде материал накапливаются в пределах суши или водных бассейнах (без участия организмов или при посредстве их), образуя осадочные породы. В образовании последних играет роль и эоловый перенос продуктов разрушения горных пород (лёсс).

Нерастворимые продукты, переносимые водными потоками выпадают в определенной последовательности в зависимости от величины и формы частичек, их удельного веса, устойчивости к истиранию, а также интенсивности водного потока —

вначале более крупные или более тяжелые, затем более мелкие или легкие (механическая дифференциация).

Продукты выветривания, переносимые в виде истинных или коллоидных растворов, также осаждаются последовательно (химическая дифференциация): вначале труднорастворимые (окислы, силикаты, карбонаты, сульфаты и т. д.), а легкорастворимые (например, хлористый натрий, хлористый и сернокислый магний) - только в особо благоприятных к тому условиях. В процессе химической осадочной дифференциации последовательно кристаллизуются (выпадают в твердую фазу) окислы, затем силикаты, карбонаты, сульфаты и в конце процесса - галоидные соли.

Совместное проявление механической и химической дифференциации вещества, переносимого водными потоками и осаждающегося как в пути, так и в конечных пунктах (озерах, морях), возникают (по классификации Е. К. Лазаренко, 1963) три группы осадочных пород. В первую группу включены образования, возникшие исключительно механическим путем (галечники, пески, глины) - минералообразования при этом не происходит. Во вторую группу объединены осадочные образования, которые могут возникать как химическим путем, так и в сочетании его с механическим.

Примером образования минералов при переходе хорошо растворимого вещества в менее растворимое могут являться процессы, происходящие в карстовых пещерах, формирующихся в карбонатных породах. Подземные воды в этих полостях содержат растворимое вещество $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$. При изменении температуры, парциального давления углекислого газа или каких-либо других параметров среды гидрокарбонат кальция превращается в практически нерастворимое вещество – карбонат кальция, выпадающий в осадок в виде сталактитов, сталагмитов и др. натечных форм.

Процессы механического и химического образования осадочных минералов могут происходить с участием растительных организмов, и животных, и микроорганизмов. Живые организмы способны формировать внутренние или внешние скелеты. По своему составу они бывают органическими (роговые,

хитиновые, целлюлозные, спонгиновые) и минеральные (карбонатные, кремнистые и целестиновые).

Осадочные минералы представлены многими классами. Среди них можно выделить реликтовые минералы (неизмененные включения и обломки первичных пород) - кварц, слюда, циркон, турмалин, золото, платина, алмазы и т. д.; минералы зоны выветривания - каолинит, глинистые минералы и т. д.; новообразованные минералы - сера, пирит, марказит, халькопирит, галенит, сфалерит, галит, сильвин, карналлит, флюорит, кварц, опал, халцедон, лимонит, пиролюзит, кальцит, арагонит, доломит, сидерит, ангидрит, гипс, барит, апатит, глауконит, железистые хлориты.

Особое место среди осадочных образований занимают каустобиолиты - продукты жизнедеятельности животных и растений, а также минеральные соединения, поступающие в морские бассейны из глубин при подводных извержениях и выходах подземных вод. Каустобиолиты возникли за счет массового захоронения и дальнейшего преобразования остатков растительности и животных организмов. К каустобиолитам относятся торф, угли, горючие сланцы, нефть, горючие газы.

1.2.3 Диагенез

Осадки, отлагающиеся на дне водных бассейнов, с течением времени изменяются, уплотняются и, цементируясь различными соединениями, переходят в состояние горных пород. Так, из известкового ила образуются известняки, из кварцевых песчинок - различные песчаники (в зависимости от характера цемента - известковистые, железистые и т. д.).

Совокупность процессов преобразования первоначального осадка называют диагенезом. Одна часть изменений происходит до перехода осадка в состояние осадочной породы (ранний диагенез), а другая - в уже сформированной осадочной породе (поздний диагенез).

В стадию раннего диагенеза происходит (по Л. В. Пустовалову): образование конкреций, перекристаллизация осадка, переход минералов из одной менее

устойчивой модификации в другую, более устойчивую модификацию, извлечение растворимых солей и удаление малоустойчивых минералов, обезвоживание осадка и его цементация. Так, марказит, барит, сидерит, флюорит почти всегда встречаются среди осадочных пород в виде явно кристаллических или скрыто кристаллических конкреций, возникших за счет местной концентрации и перекристаллизации соответствующего тонко рассеянного материала.

Часты переходы минералов в более устойчивые модификации: арагонита - в кальцит, опала - в халцедон, а халцедона - в кварц, марказита - в пирит. Вследствие взаимодействия между собой составных частей осадка и органического вещества, из бурых окислов железа может образоваться сидерит, из гипса - сера.

В стадию позднего диагенеза (по терминологии Л. В. Пустовалова — эпигенеза) происходит дальнейшее взаимодействие составных частей породы (если оно не закончилось в стадию раннего диагенеза) и взаимодействие осадочной породы с новой окружающей средой, стремящееся к установлению физико-химического равновесия как внутри осадочной породы, так и между нею и окружающей ее средой.

В эту стадию могут продолжаться многие процессы, начавшиеся в стадию раннего диагенеза, но возникшие осадочные образования могут также претерпевать изменения под влиянием окружающей среды. Это – возникновение минеральных ассоциаций, более соответствующих характеру окружающей среды. Так, минералы, содержащие закисное железо (например, пирит, сидерит и др.), могут оказаться неустойчивыми в окислительной обстановке, где более устойчивы окислы железа. Наоборот, минералы, возникшие в окислительной обстановке (окислы железа, марганца и др.), при перемене ее на восстановительную, могут восстанавливаться до закисных соединений.

К стадии эпигенеза относятся также те изменения, которые происходят в осадочных породах вследствие воздействия жидкостей и газов, циркулирующих в них. В большинстве случаев деятельность вод сводится к местному, внутрислоевому перемещению составных частей осадка, к облегчению перекристаллизации породы и иногда ж выносу за пределы породы тех или иных ее

компонентов. Быстро циркулирующие в породах растворы производят лишь растворяющее действие, не вступая в химическое взаимодействие с породами: это формирование каверн, подземных русел и другие явления.

Перераспределение в процессе диагенеза вещества внутри осадка может привести к концентрации его в отдельных пластах, создать промышленно ценные скопления полезных ископаемых. Так образуются осадочные сидеритовые руды, скопления желваков сидеритов, самородной серы и др. С процессами диагенеза связано также образование каменных углей и нефти из органического вещества.

1.3 Задания для выполнения практической работы № 1

Задание 1: Письменно объяснить геологические термины: Минерал, минералогия, кристалл, выветривание, кристаллизационная дифференциация, эвтектическая смесь, кора выветривания, диагенез, эрозия, денудация, базис эрозии, гипергенез, элювий, делювий.

Задание 2: Подготовить краткие сообщения по следующим вопросам:

1. Охарактеризовать физическое выветривание.
2. Охарактеризовать химическое выветривание.
3. Пневмолито-гидротермальный процесс минералообразования.
4. Осадочный процесс минералообразования.

1.4 Контрольные вопросы

1. Какие процессы выделяются при эндогенном минералообразовании.
2. Минералы гидротермального происхождения.
3. Способы экзогенного минералообразования.
4. Главные факторы метаморфизма.
5. Что такое выветривание.
6. Минералы, каких классов, особенно подвержены химическому выветриванию.

2 Практическая работа № 2. Породообразующие минералы, их свойства

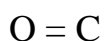
Минерал - это любое физически и химически однородное вещество, образовавшееся в результате естественных физико-химических или биогенных процессов, происходящих в земной коре и на ее поверхности, в атмосфере и в космическом пространстве (золото, железо, кварц, графит и др.). В лабораторных и заводских условиях синтезируются искусственные минералы (кварц, корунд, слюда).

Общее количество минералов в природе по данным разных авторов достигает 2500 и более. Минерал может состоять из одного какого-либо химического элемента, и тогда говорят, что данный минерал встречается в самородном виде (золото, сера, платина и др.). Во всех других случаях минерал состоит из соединений катионов с простыми анионами или с комплексными анионами нескольких элементов, связанных между собою химически. Состав минералов показывается соответствующей эмпирической формулой: С – алмаз, Au – золото, NaCl – галит, $\text{Cu}_2(\text{OH})_2\text{CO}_3$ – малахит. Например: NaCl (каменная соль) - эта формула означает, что каменная соль состоит из одного иона натрия и одного иона хлора, или, что 39,4 весовых частей натрия соединены с 60,6 весовыми частями хлора.

Используются также структурные формулы, с помощью которых показывается не только химический состав, но и пространственное положение атомов (ионов) в минерале и их химические связи между собой. Например, структурная формула минерала малахита на плоскости выглядит так:



/



\



В природе почти не встречается абсолютно однородных минералов, вследствие наличия в них примесей других элементов (соединений их), находящихся в определенных физико-химических соотношениях с основными соединениями или в виде механических включений.

Изучение химического состава минералов производится точными методами аналитической химии, с помощью кристаллографического, термического, рентгеноструктурного, спектрального, люминесцентного, микрохимического анализов, оптическими методами, методом паяльной трубки и др. Эти виды анализов производятся тогда, когда необходимо определить точный состав изучаемого минерала. В обычной практике большинство минералов определяется по их внешним признакам.

2.1 Диагностика основных породообразующих минералов

Минералы отличаются друг от друга по многим внешним признакам: цвету, блеску, твердости, удельному весу, форме кристаллов и другим свойствам. В зависимости от химического состава и внутреннего строения каждый минерал характеризуется какими-либо особыми, только ему свойственными признаками, по которым он может быть опознан. Для одних минералов постоянным признаком является цвет, для других – блеск, для третьих – твердость и т. д.

Метод определения минералов по их внешним признакам – физическим свойствам – относительно прост. Однако необходимо помнить, что макроскопически минерал можно определить лишь в случае тщательного изучения всех его свойств, так одно-два свойства могут быть сходными у разных минералов, и напротив, разные образцы одного и того же минерала могут отличаться друг от друга по некоторым признакам.

Следует также иметь в виду, что свойства одного и того же минерала могут меняться в зависимости от того, в какой агрегатной форме он находится. То, что четко видно в крупном зерне минерала, будет плохо заметно или даже совсем не видно в его мелкозернистом агрегате. Поэтому при описании минерала необходимо

указывать, в какой агрегатной форме он находится. Нельзя, конечно, думать, что по физическим свойствам определимы все встречающиеся в природе минералы. Многие из них могут быть достоверно определены лишь при условии применения более совершенных методов исследования.

Все диагностические свойства минералов можно разделить на три группы: оптические, механические и дополнительные. Свойства двух первых групп определяются для всех минералов. К группе дополнительных отнесены свойства, используемые для диагностики только каких-то определенных минералов.

2.1.1 Оптические свойства минералов

Цвет – характерное свойство минерала.

Естественная игра цвета у некоторых цветных камней определила их использование в качестве украшений.

Многие минералы имеют постоянный цвет. Например, синий – у азурита и лазурита (рисунок 2.1 *а*); зеленый цвет – у изумруда и малахита (рисунок 2.1 *б*); красный – у киновари (рисунок 2.1 *в*); желтый – у аурипигмента и самородная сера (рисунок 2.1 *г*).

а

б

в

г



Окраска минералов (*а*- азурит; *б* - малахит; *в* - киноварь; *г* - аурипигмент)

Рисунок 2.1- Минералы с постоянным цветом

У ряда минералов цвета могут быть разные. Например, флюорит бывает всех цветов радуги; кварц может быть бесцветным, белым, серым, желтым, розовым, фиолетовым, черным (рисунок 2.2); топаз – бесцветным, желтым, голубым, фиолетовым, зеленым, розовым.



Рисунок 2.2 – Минерал кварц

Цвет минерала может зависеть от содержания различных примесей, окрашенных в тот или иной цвет хромофорами. Так, корунд в чистых разновидностях бесцветен. Примесь Cr делает его красным (рубин), а примесь Fe и Ni – синим (сапфир). Цинковая обманка в зависимости от содержания примеси Fe бывает бурой, желто-серой, коричневой и даже черной, а при отсутствии Fe – светло-медово-желтой или даже бесцветной.

Большую роль в изменении цвета играет наличие трещин и механических примесей в минерале, вызывающих интерференцию и дифракцию световых волн. Иногда наблюдается радужная игра цветов – опалесценция, свойственная обычно гелям (благородный опал) и некоторым кристаллическим минералам. Опалесценция вызывается наличием в минералах пустот, обуславливающих разложение белого цвета.

Следует также заметить, что восприятие цвета зависит от освещения, характера поверхности минерала, физиологических особенностей глаза и т. д. Так, например, минерал александрит, темно-зеленый на солнце, кажется малиново-

красным при вечернем электрическом освещении. Цвет мокрого камня воспринимается иначе, чем сухого. Большую роль при восприятии цвета играет полировка минерала: чем лучше камень отшлифован, тем ярче становится его окраска. Таким образом, цвет минералов нельзя считать основным признаком при их определении.

Однако, несмотря на непостоянство окраски, цвет все же является одним из важных и характерных признаков минералов. Надо только пользоваться им с осторожностью, учитывая все разнообразие природной окраски минералов. Так, для многих минералов окраска является постоянной и может служить хорошим диагностическим признаком. Например, минерал галенит всегда имеет свинцово-серый цвет, пирит – светлый, латунно-желтый, малахит – зеленый, киноварь – красный, графит – стально-серый, железно-черный.

В ряде случаев окраска является настолько характерным признаком минерала, что позволяет не только определить его, но и дает указание на его химический состав. Так, все водные соли меди имеют зеленый или синий цвет, а черный или зеленовато-черный цвет силикатов может указать на присутствие в данном минерале соединений железа в разных степенях окисления.

Черта – цвет порошка минерала (определяется по цвету черты, оставляемой минералом на фарфоровой неглазурованной пластинке – бисквите).



Рисунок 2.3 –Цвет черты минералов пирита и гематита

Чаще всего цвет черты совпадает с цветом самого минерала, но может и отличаться (черная – у латуно-желтого пирита (рисунок 2.3), вишнево-красная черта у черного гематита (рисунок 2.3), бурая – у черного лимонита).

Прозрачность– это способность минералов, пропускать свет.

В зависимости от степени прозрачности все минералы делятся:

- на прозрачные минералы (горный хрусталь, топаз, мусковит);
- на полупрозрачные (сфалерит, шеелит, гипс, халцедон);
- на непрозрачные (пирит, магнетит, графит).

Блеск– это способность минерала отражать падающий на него поток света. По интенсивности блеска различаются минералы:

- 1) с металлическим блеском (пирит, галенит (рисунок 2.4));
- 2) с неметаллическим блеском, различают следующие разновидности.



Минералы (*a* – пирит; *б* – галенит)

Рисунок 2.4 – Минералы с металлическим блеском

Стеклянный– сходен с блеском полированной поверхности стекла. Характерен для горного хрусталя, кальцита (рисунок 2.4 *a*), магнезита.

а*б*

Минералы (*а* - кальцит; *б* – алмаз)

Рисунок 2.4 – Минералы с неметаллическими видами блеска

Алмазный – сильный, искрящийся стеклянный блеск. Характерен для алмаза (рисунок 2.4 *б*), кристаллической киновари.

Жирный блеск наблюдается у минералов со стеклянным блеском на изломах, характеризующихся мельчайшими неровностями. В результате рассеивания света такими поверхностями создается впечатление, что они смочены водой или покрыты тонкой пленкой жира. Жирным блеском обладают: каменная соль после некоторого пребывания во влажной атмосфере, самородная сера, нефелин, кварц на неровном изломе.

Поверхности с более грубо выраженной неровностью обладают *восковым* блеском. Последний характерен для минералов со скрытокристаллической структурой и твердых светлоокрашенных гелей. Примеры: халцедон, кремний и опал (рисунок 2.5 *а*).

Поверхности минералов с тонкопористым строением за счет полного рассеивания света характеризуются *матовым* блеском (рисунок 2.5 *б*). Примеры: каолин в сухом виде, сажистый пиролюзит.

а



б



Минералы (*а* – опал; *б* – лимонит)

Рисунок 2.5 - Минералы с неметаллическими видами блеска

У минералов, обладающих совершенной спайностью на плоскостях спайности наблюдается *перламутровый* блеск (рисунок 2.6 *а*). Примеры: слюда, пластинчатый гипс, тальк.

Минералы с волокнистым или игольчатым строением (асбест, селенит и др.) характеризуются *шелковистым* блеском (рисунок 2.6 *б*).

а



б



Минералы (*а* – слюда; *б* – селенит)

Рисунок 2.5 - Минералы с неметаллическими видами блеска

У некоторых минералов наблюдается так называемый *металловидный* блеск, напоминающий блеск потускневших поверхностей металлов. Такой блеск характерен, например, для графита, некоторых разновидностей лимонита.

Определение блеска минералов (а в ряде случаев и цвета) представляет для начинающих известные трудности. Поэтому при изучении минералов рекомендуется непосредственное сравнение изучаемых образцов, для чего необходимо поместить их рядом, возможно ближе друг к другу. Тогда различие минералов по блеску и цвету выступает особенно отчетливо.

2.1.2 Механические свойства минералов

Спайность – это свойство минерала раскалываться по определенным направлениям с образованием плоских зеркальных поверхностей.

Данные о спайности минералов дают с оценкой степени ее совершенства и различают [2]:

Спайность весьма совершенная– минерал легко расщепляется на тонкие листочки или пластинки. Примеры: слюда (рисунок 2.6), пластинчатый гипс, тальк.



Рисунок 2.6 – Весьма совершенная спайность (минерал слюда)

Спайность совершенная – при любом ударе молотком минерал раскалывается на обломки, ограниченные плоскостями спайности. Неровные поверхности (не по спайности) получаются очень редко.

Примеры: кальцит (в кристаллах), галенит.

Средняя спайность – при раскалывании минералов получают обломки, ограниченные как плоскостями спайности, так и неровными поверхностями по случайным направлениям. Примеры: ортоклаз, авгит.

Спайность *несовершенная* – обнаруживается с трудом, ее приходится искать на обломке минерала. Примеры: апатит, оливин.

Спайность *весьма несовершенная*, т. е. практически отсутствует. Примеры: кварц, пирит, магнетит.

При определении спайности начинающие иногда принимают за плоскости спайности грани кристаллов. Во избежание подобных ошибок необходимо получить раскол минерала и рассмотреть поверхность раскола. У минералов, обладающих спайностью, нарушение грани кристалла при расколе не повлияет на проявление спайности (например, у кальцита). У минералов, не имеющих спайности (например, у кварца), нарушение грани кристалла при расколе приводит к образованию неровного излома.

Излом – это поверхность раскола, прошедшая в минерале не по спайности. Различают изломы.

Раковистый, похожий на внутреннюю поверхность раковин (рисунок 2.7 а). Этот вид излома наблюдается у минералов, характеризующихся отсутствием спайности, например, у кварца, халцедона, опала.

Занозистый (игольчатый), когда на поверхности излома заметны мелкие полусвободные занозы (иглы) (рисунок 2.7 б). Характерен для минералов с игольчатым или волокнистым строением: волокнистого гипса, роговой обманки.

Зернистый – наблюдается у минералов с зернисто-кристаллическим строением, например, у магнетита, хромита, апатита (рисунок 2.7 в). Зернистый излом характерен и для многих горных пород: гранита, мрамора.

Землистый – шероховатый излом, как бы покрытый пылью (рисунок 2.7 г). Характерен для мягких и сильно пористых минералов, например, для каолинита, некоторых разновидностей лимонита.

Ступенчатый – наблюдается у минералов с ясно выраженной спайностью на поверхностях, перпендикулярных направлению плоскостей спайности, например, у ортоклаза, галенита (рисунок 2.7 д).



а - раковистый, минерал кварц; *б* - занозистый, минерал селенит; *в* – зернистый, минерал сидерит; *г* – землистый, минерал лимонит; *д* – ступенчатый, минерал амазонит.

Рисунок 2.7 – Виды излома минералов

Твердость. Под твердостью понимают степень сопротивления, которое оказывает поверхность испытываемого минерала царапанием острием, истиранию, шлифованию, давлению и т.д. Это очень важное свойство, имеющее большое значение для определения минералов в полевых условиях.

За эталоны твердости приняты минералы, входящие в десятибалльную шкалу Мооса. По этой шкале каждый последующий в списке минерал царапает предыдущий: твердость 1 – тальк, 2 – гипс, 3 – кальцит, 4- флюорит, 5 – апатит, 6 – ортоклаз, 7 – кварц, 8- топаз, 9 – корунд, 10 – алмаз (рисунок 2.7).



Рисунок 2.7 – Шкала Мооса

Для определения твердости выбирают острый угол на куске минерала и чертят им по гладкой поверхности минералов из шкалы до тех пор, пока не дойдут до такого номера, из шкалы, когда исследуемый минерал не будет давать черты, но наоборот, сам будет чертиться. Например, если исследуемый минерал своим острым

углом царапает гладкую поверхность кальцита из шкалы, а сам царапается флюоритом, то это значит, что его твердость заключается между 3 и 4.

Таблица 2.1 – Шкала твердости Мооса

Минерал-эталон	Шкала твердости по Моосу	Испытание твердости минерала
Тальк	1	Царапается мягким карандашом, шелушится ногтем
Гипс	2	Царапается ногтем
Кальцит	3	Царапается медной монетой
Флюорит	4	Царапается гвоздем
Апатит	5	Царапается стеклом
Ортоклаз	6	Царапается лезвием стального ножа
Кварц	7	Царапается напильником
Топаз	8	Минералы с твердостью 8-10 среди породообразующих минералов не встречаются
Корунд	9	
Алмаз	10	

При отсутствии этих минералов в первом приближении для определения твердости можно прибегнуть к подручным средствам; необходимо помнить, что твердость ногтя 2-2,5, медной монеты 3, бронзовой монеты 3,5. Оконного стекла 5, лезвия перочинного ножа или бритвы от 5,5 до 6,5, напильника 6,5-7 (таблица 2.1).

Кроме этого следует учитывать, что твердость минералов меняется в зависимости от направления (в направлении параллельной спайности твердость наименьшая, а в перпендикулярной спайности – наибольшая). С кристаллохимической точки зрения твердость кристаллических тел зависит от типа структуры и прочности связей атомом (ионов). С увеличением межионных расстояний твердость уменьшается. В целом основная масса минералов имеет твердость от 2 до 6. Более твердые минералы относятся к безводным окислам и силикатам.

2.1.3 Дополнительные свойства минералов

Ковкость и хрупкость. Ковкие минералы при ударе молотком сплющиваются, хрупкие – рассыпаются на мелкие куски. При царапании ножом хрупких минералов образуется порошок, при царапании ковких порошка не образуется, на поверхности минералов остается блестящий след. Примером хрупких минералов может служить сера, апатит. Ковкие минералы редки. К ним относятся самородные элементы: медь, золото.

Упругость. Это свойство вещества изменять свою форму под влиянием приложенных сил и вновь восстанавливать ее после прекращения действия деформирующих сил. Этим свойством обладают, например, слюды. Листочки слюды гибки и упруги. Похожие на слюду листочки хлорита или талька тоже гнутся, но, не обладая упругостью, не восстанавливают своего прежнего положения.

Магнитность. Некоторые минералы обладают магнитностью, т. е. действуют на магнитную стрелку или сами притягиваются магнитом. Так как число минералов, обладающих магнитными свойствами, невелико, то этот признак имеет важное диагностическое значение. Испытание на магнитность производится при помощи свободно вращающейся магнитной стрелки, к концам которой подносится испытуемый образец. Примером минерала, обладающего ярко выраженной магнитностью, является магнетит.

Реакция с соляной кислотой. Многие минералы из класса карбонатов легко опознаются по взаимодействию с соляной кислотой. Так, кальцит бурно вскипает при действии на него холодной разбавленной (10%) соляной кислотой. Доломит вскипает с такой кислотой только в порошке. А порошок магнезита вскипает только при действии нагретой соляной кислоты. Во всех этих случаях соляная кислота вытесняет угольную. Последняя быстро разлагается на воду и углекислый газ. Выделение свободного углекислого газа и создает эффект вскипания.

Гигроскопичность. Так называется способность некоторых минералов поглощать влагу из воздуха. Легкорастворимые минералы при этом иногда

расплываются (карналлит), нерастворимые липнут к языку и влажным губам (каолинит).

Горючесть и плавкость. Самородная сера, некоторые сернистые минералы и органические соединения (янтарь, озокерит, асфальт) легко плавятся или загораются от спички. Для таких минералов горючесть и плавкость наряду с другими физическими свойствами являются важными диагностическими признаками.

Запах. При горении, при ударе и выбивании искр, при растирании в порошок, при трении некоторые минералы издают характерные запахи. Ароматический запах издает горящий янтарь. Запах сернистого газа ощущается при горении серы и при резком ударе по пириту или марказиту. При трении одного куса фосфорита о другой появляется запах, напоминающий запах сгоревшей головки спички или жженой кости. При смачивании водой каолинит приобретает запах “печки”.

Вкус. Некоторые хорошо растворимые в воде минералы – галоидные соединения, сульфаты и карбонаты – вызывают вкусовые ощущения. По вкусу минералы бывают: соленые (галит), горько-соленые (сильвин, мирабилит). Испытывая на вкус, мы, до некоторой степени, определяем, растворяется ли минерал в воде. Испытание надо проводить осторожно, с небольшим количеством чистого вещества, так как есть ядовитые минералы (арсенолит – As_2O_3).

2.2 Классификация минералов

Классификации различают:

- 1) по группам – редкие и породообразующие минералы;
- 2) по генезису (происхождению), при этом учитываются физические свойства минералов и внешние признаки;
- 3) по внешней форме – это кристаллографическая классификация, где кристаллы – это природные тела, обладающие закономерным внутренним строением и имеющие внешнюю форму в виде геометрически правильных многогранников. Внешняя форма может быть неправильной – аморфные минералы, которые не имеют кристаллической решетки (например, смола).

Кристаллохимическая классификация является основной – в ее основе лежат внутренняя структура и химический состав минералов[2]. Она разделена на несколько классов. При этом можно отметить, что в структуре некоторых минералов могут присутствовать другие химические элементы (изоморфизм, например, натрий и калий взаимозаменяют друг друга); минералы одинакового химического состава имеют разное внутреннее строение (полиморфизм); в состав минералов может входить свободная и связанная вода, причем при удалении свободной воды не происходит разрушения кристаллической решетки.

Кристаллохимическая классификация рассматривает систематику минералов по химическому составу и кристаллической структуре.

I класс. 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: самородная медь, самородное серебро, самородное золото, платина, сера, графит, алмаз и другие. Эта группа очень важна в практическом отношении. В генетическом отношении самородные элементы чрезвычайно разнообразны.

Примеры: серебро, золото, графит, алмаз, сера.

II класс. Сульфиды. К сульфидам относится около 200 минералов, но по своей массе они составляют не более 0,25% от массы земной коры. В основном это соединения цветных металлов (меди, цинка, свинца, ртути) с серой. Характеризуются сульфиды, как правило, большим удельным весом, металлическим блеском, небольшой твердостью. Образуются преимущественно в глубинных частях Земли, при чем преобладают минералы гидротермального происхождения. Часто встречаются в жилах совместно с кварцем, кальцитом, флюоритом. Близ поверхности Земли, в зоне окисления, легко разрушаются и переходят в разнообразные вторичные минеральные тела. Служат важнейшими рудами цветных металлов.

Примеры: пирит, халькопирит, киноварь.

III класс. Галоидные соединения. К галоидным соединениям относится около 100 минералов, представляющих соли галоидоводородных кислот: HCl, HF, HJ и др. Наибольшее распространение имеют соединения Cl и F; из металлов чаще всего присутствуют K, Na, Mg, Ca. Это минералы легкие, мягкие, светлые, часто прозрачные. Одни из них широко распространены, другие – редко. В генетическом отношении среди них выделяются: 1) минералы высоких температур, связанные с магматическими, пневматолитовыми и гидротермальными процессами; эти минералы в обычных условиях в воде нерастворимы; 2) минералы легко растворимые в воде, представляющие собой химические осадки морей и озер.

Примеры: флюорит, галит, сильвин, карналлит.

IV класс. Оксиды и гидроксиды. К этой группе относится около 200 минералов. На их долю приходится около 17% от массы земной коры. К ним относятся такие распространенные минералы, как кварц и оксиды железа. Твердость минералов этой группы большая, обычно больше 5,5. Удельный вес 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. Оксиды железа, хрома, марганца, алюминия и являются важнейшими рудами соответствующих металлов.

Примеры: куприт, кварц, касситерит, пиролюзит, корунд, гематит, магнетит, опал, лимонит.

V класс. Карбонаты. 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, блеск неметаллический, окраска чаще светлая. Многие из них бурно реагируют с соляной кислотой, выделяя углекислый газ. В генетическом отношении карбонаты связаны с деятельностью организмов, с химическим осаждением в озерах и морях; часть имеет гидротермальное происхождение.

Примеры: кальцит, арагонит, магнезит, доломит, сидерит, малахит, азурит.

VI класс. Сульфаты. Сульфаты– соли 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. Обычно они отличаются малым удельным весом, небольшой твердостью и светлой окраской. 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. Многие из них являются ценными полезными ископаемыми.

Примеры: барит, целестин, ангидрит, гипс.

VII класс. Фосфаты. Фосфаты– соли фосфорных кислот. К фосфатам и некоторым родственным им соединениям относятся около 350 минералов, составляющих, однако, менее 1% от массы земной коры. Некоторые из фосфатов служат важным сырьем для получения минеральных удобрений и фосфора.

Примеры: апатит, вивианит, фосфорит.

VIII класс. Силикаты. Силикаты– соли кремневых кислот. К силикатам относится до 800 минералов, составляющих около 75% от массы земной коры. В этот подкласс входят важнейшие породообразующие минералы, слагающие основную массу магматических и метаморфических пород. Силикаты окрашены пестро. Удельный вес их обычно невелик. Твердость в большинстве случаев высокая. Образование силикатов связано преимущественно с остыванием расплавленных масс, и в этом отношении генезис их предшествует почти всем группам минералов земной коры.

Примеры:

1. Островные силикаты. Оливин, топаз, гранаты, родонит, берилл.
2. Цепочные силикаты. Минерал группы пироксенов – авгит.
3. Поясные силикаты. Амфиболы – роговая обманка, тремолит.
4. Листоватые силикаты. Мусковит и биотит, тальк, глауконит, монтмориллонит, хлориты, серпентин и хризотил-асбест, каолинит.

5. Каркасные силикаты. Натриево-кальциевые полевые шпаты – альбит, лабрадор, плагиоклазы; калиевые полевые шпаты – ортоклаз, микроклин.

2.3 Задания для выполнения практической работы №2

Задание 1. Определить название и физические свойства минералов из учебных коллекций минералов кафедры геологии, результаты занести в журнал описания минералов (таблица 2.1).

Таблица 2.2 - Журнал описания порообразующих минералов

№ п/п	Твердость	Цвет	Блеск	Спайность	Излом	Внешний вид	Реакция с HCl	Класс	Группа	Химический состав	Название
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

Задание 2. Подготовить краткие сообщения последующим вопросам:

1. Охарактеризовать группу оптических свойств минералов.
2. Дополнительные свойства.
3. Механические свойства минералов.
4. Химическая классификация минералов.

2.4 Контрольные вопросы

1. Назовите самый характерный диагностический признак минералов из класса карбонаты.
2. Почему фосфорит и апатит называют "хлебным камнем".
3. Назовите важнейшие неметаллические полезные ископаемые из класса силикаты.
4. Практическое значение карбонатов и фосфатов.
5. Особенности происхождения и распространения в земной коре минералов из классов сульфаты и галогениды. Типы месторождений.
6. Какие месторождения сульфатов и галогенидов известны на территории Оренбургской области.

3 Практическая работа №3. Определение магматических горных пород

Горные породы, представляют собой закономерные агрегаты минералов, характеризующиеся более или менее постоянным минералогическим составом.

Все горные породы по своему происхождению делятся на три группы:

1) *магматические*, горные породы образуются при охлаждении и затвердевании магматического расплава на разных глубинах или на поверхности Земли;

2) *осадочные породы*, горные породы формируются в результате разрушения любых по происхождению пород (осадочных, магматических или метаморфических), переотложения продуктов разрушения на поверхности Земли (в морях, океанах, на суше и т. д.) и последующего преобразования — диагенеза;

3) *метаморфические породы*, образующиеся из любых других пород при воздействии на них высоких температур и давления, а также различных газообразных и жидких веществ, выделяющихся из магматических очагов.

3.1 Классификация магматических горных пород

В зависимости от условий, в которых происходило застывание магмы, магматические породы делят на ряд групп: **породы глубинные**, или **интрузивные**, образовавшиеся при застывании магмы на глубине, и **породы излившиеся**, или **эффузивные**, связанные с застыванием магмы, излившейся на поверхность, т.е. лавы. Среди интрузивных пород выделяют ряд разновидностей по глубине застывания магмы, а также жильные породы, связанные с застыванием магмы в трещинах. К вулканическим породам относятся пирокластические, представляющие скопление выброшенного при вулканических взрывах и осевшего на поверхность материала – куски застывшей в воздухе лавы, обломки минералов и пород.

Минералогический состав глубинных и излившихся горных пород может быть одинаков и обусловлен химическим составом магмы. По химическому составу, в зависимости от содержания кремнезема (SiO_2) магматические породы делятся на 5 групп:

1. *Кислые породы* ($\text{SiO}_2 > 65\%$), много полевого шпата и кварца. Темноцветных минералов (роговая обманка, черная слюдка) очень мало. Породы – гранит, липарит, кварцевый порфир, вулканический пепел.

2. *Средние породы* ($\text{SiO}_2 = 52 - 65\%$), кварца очень мало или он отсутствует, основной минерал - полевой шпат, появляется нефелин, черной слюдки становится больше. Породы – сиенит, диорит, трахит, андезит, порфирит, пемза, обсидиан, вулканический песок, вулканический туф, вулканические бомбы.

3. *Основные породы* ($\text{SiO} = 40 - 52\%$), кварц отсутствует, пироксены, иногда лабрадор. Породы – габбро, лабрадорит, базальт, диабаз.

4. *Ультраосновные породы* ($\text{SiO}_2 = 35-40\%$), кварц и полевой шпат отсутствует, основные минералы - оливин, пироксен. Породы – перидотит, дунит, кимберлит.

5. *Щелочные породы* – недосыщенные кремнеземом, содержащие нефелин, щелочные роговые обманки, щелочные полевые шпаты. Наиболее распространенной породой является нефелиновый сиенит.

3.2 Строение магматических горных пород

Магматические горные породы наряду с метаморфическими составляют основную массу земной коры, однако, на современной поверхности материков области их распространения сравнительно невелики. В земной коре они образуют тела разнообразной формы и размеров, так называемые *структурные формы*, состав и строение которых зависят от химического состава исходной для данной породы магмы и условий ее застывания.

Структура – это строение породы, обусловленное формой, величиной, количественным соотношением кристаллов, слагающих минералов и способом их соединения. Отдельными структурными элементами породы являются кристаллы

или зерна округлой, призматической и других форм, микролиты, кристаллиты, стекло.

По степени кристалличности структура магматических пород может быть:

- полнокристаллической (в породе нет стекла, порода состоит из одних кристаллов) (рисунок 3.1 *а*);
- неполнокристаллической (имеются в породе кристаллы, вкрапленники и стекло)(рисунок 3.1 *б*);
- стекловатой (преобладает в породе стекло)(рисунок 3.1 *в*).

а



б



в



Структуры (*а* – полнокристаллическая, гранит; *б* – неполнокристаллическая, риолит; *в* – стекловатая, обсидиан).

Рисунок 3.1 – Виды структур магматических горных пород по степени кристалличности

По размеру зерен различают следующие структуры:

- гигантозернистая (диаметр зерен более 20мм);
- крупнозернистая (с зернами кристаллов от 5 до 20мм);
- среднезернистая (с зернами от 1 до 5мм);
- мелкозернистая (диаметр зерен < 1мм) макроскопически различима;
- афанитовая (зерна видны только под микроскопом).

По расположению зерен минералов в породе структуры могут быть равномернозернистыми (зерна минералов близки по размерам) так и неравномернозернистыми (зерна отличаются по размерам). Примером неравномернозернистой структуры является порфировая структура. По расположению зерен минералов выделяют еще пегматитовую структуру, когда зерна одного минерала содержат закономерные вростки другого минерала.

Текстура– это сложение породы, которое характеризуется относительным расположением составных частей породы в ее объеме.

Текстуры глубинных пород подразделяются на массивные, шлировые, шаровые, ориентированные.

Массивная текстура характеризуется однородным распределением минералов по всей породе (рисунок 3.2).



Рисунок 3.2 – Массивная текстура гранитов

Шлировая текстура характеризуется неравномерным в виде полос, слоев или неправильных форм распределением минералов.

3.3 Задания для выполнения практической работы №2

Задание 1. Разделить учебные коллекционные образцы магматических горных пород на группы:

- 1) по содержанию кремнезема (SiO_2) на кислые, средние, основные и ультраосновные;
- 2) по происхождению - на интрузивные и эффузивные;
- 3) по минералогическому составу - на моно- и полиминеральные (выделить главные минералы и второстепенные);
- 4) по цвету минералов - на лейкократовые и меланократовые.

Задание 2. Определить структуру и текстуру из учебных коллекций магматических горных пород, результаты занести в журнал описания горных пород (таблица 3.1).

Таблица 3.1 – Журнал описания магматических горных пород

№ п/п	Окраска	Структура	Текстура	Группа по происхождению	Содержание SiO_2	Название	Применение в строительстве
1	2	3	4	5	6	7	8

3.4 Контрольные вопросы

1. На какие две группы делятся все магматические горные породы по происхождению.
2. Какие породы относят к щелочным.
3. При каких условиях образуются породы с пористой текстурой.
4. На какие группы делятся все магматические горные породы в зависимости от содержания SiO_2 .
5. Какие формы залегания характерны для излившихся пород.
6. Практическое использование эффузивных и интрузивных магматических горных пород в строительстве.

4 Практическая работа № 4. Определение осадочных горных пород

Осадочные горные породы образуются на поверхности Земли или в самых верхних слоях литосферы в результате разнообразных геологических процессов: 1) накопления или осаждения обломочного материала, полученного при разрушении любых, ранее созданных, горных пород; 2) химического осаждения из растворов и химических реакций, происходящих в земной коре; 3) в результате жизнедеятельности организмов. В соответствии с указанными процессами осадочные породы по происхождению делятся на следующие группы:

1. *Обломочные породы*, состоящие из обломков в основном механического разрушения исходных горных пород.

2. *Глинистые породы*, состоящие из продуктов механического и химического разложения первичных горных пород, обычно без перехода в раствор.

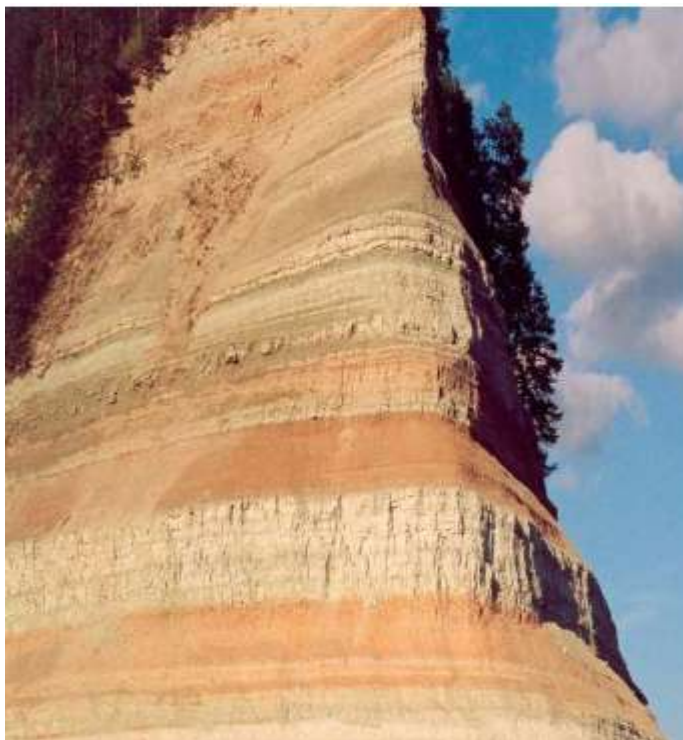
3. *Хемогенные породы*, образованные путем различных химических реакций, выпадения солей из растворов.

4. *Органогенные*, или *биогенные*, образованные благодаря деятельности живых организмов и накоплению скелетных остатков после их отмирания.

В зависимости от условий образования каждая группа осадочных пород обладает специфическими чертами. Однако всем свойственен ряд признаков, которые отличают их от магматических и метаморфических пород.

Одним из таких признаков является *слоистость* [4], наблюдаемая у большинства осадочных пород. При этом характер слоистости часто указывает на условия осадконакопления. Так, например, горизонтальная слоистость (рисунки 4.1 а) свидетельствует о накоплении осадков в спокойной воде озер или на значительной глубине в морях и океанах, куда не достигают волновые движения воды, в то время как косая (рисунки 4.1 б) (перекрестная, волнистая и т. д.) слоистость указывает на образование осадков в подвижной воздушной или водной среде.

a



б



Слоистость (*a* – горизонтальная; *б* – косяя)

Рисунок 4.1 – Виды слоистости

Важной особенностью осадочных пород является то, что многие из них содержат, а некоторые целиком *состоят из окаменелых ископаемых остатков* животных и растений. К ним относятся кости, раковины, древесина, пыльца и споры растений, а также их отпечатки, оставленные на мягком материале, который потом затвердел (рисунок 4.2).

Довольно часто форма залегания осадочных пород определяется аккумулятивной формой рельефа, образованной тем или иным экзогенным фактором. Так, например, характерную форму залегания приобретают массы обломочного материала, образованные в результате осыпей, обвалов, работы ледника, моря, ветра, атмосферных вод.

a



б



в



a – отпечатки раковин с включениями белемнитов; *б*– отпечаток листа папоротника; *в*–аммонит, окаменелость.

Рисунок 4.2 –Окаменелые ископаемые остатки животных и растительных организмов

Характеризуя осадочные породы, следует отметить, что в природе существует тесная и многосторонняя связь осадка со средой осадкообразования: изучая осадок, его состав, строение, условия залегания и заключенные в нем окаменелости, можно восстановить условия его образования, а в конечном счете – воссоздать палеогеографию Земли в различные геологические эпохи.

4.1 Обломочные осадочные породы

Обломочные породы образуются в результате физического разрушения материнских пород и накопления их обломков. Обломочные породы по гранулометрическому составу (размеру обломков) делятся на: *грубообломочные* (псефитовые), *песчаные* (псаммитовые) и *пылеватые* (алевритовые).

Общая классификация осадочных обломочных пород приведена в таблице 4.1. Как видно из таблицы, неокатанные рыхлые осадочные обломочные породы, в зависимости от размера обломков, называются глыбами, щебнем или дресвой; породы, состоящие из окатанных обломков тех же размеров, соответственно называются валунами, галькой, гравием.

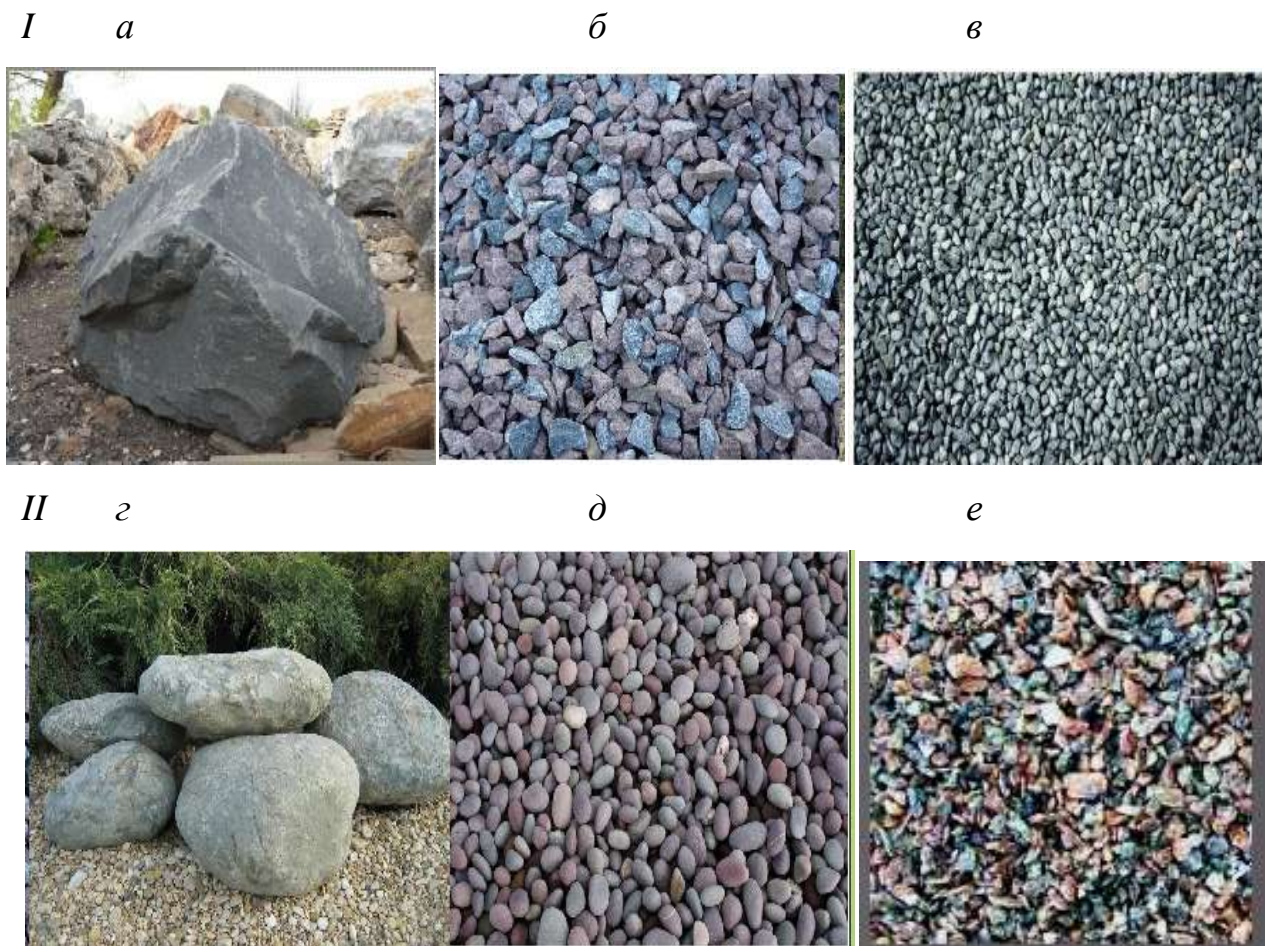
Таблица 4.1 – Классификация обломочных осадочных пород

Величина обломков, слагающих породу, мм	Группа пород	Наименование пород			
		Неокатанные		Окатанные	
		рыхлые	сцементированные	рыхлые	сцементированные
>100	Грубообломочные (псефитовые)	глыбы	брекчия	валун	конгломерат
10-100		щебень		галька	
2-10		дресва		гравий	
2-0,1	Песчаные (псаммитовые)	песок	песчаник	песок	песчаник
0,1-0,01	Пылеватые (алевритовые)	алеврит	алевролит	алеврит	алевролит

При определении породы важным является форма их обломков и состав цемента. По *форме обломков* различают породы, в которых частицы могут быть *угловатые* (рисунок 4.1 *а, б, в*) — углы не несут следов сглаживания; *полуокатанные* (округло-угловатыми), когда углы закруглены, по грани еще резкие;

и *окатанные* (рисунок 4.1 *з, д, е*) — обработаны все углы и ребра, зерна приобретают округлую, сфероидальную или близкую к ним форму.

Окатанность материала указывает на достаточно длительное время и длинный путь переноса обломочного материала от места разрушения до места накопления; неокатанность же, наоборот, — на кратковременность и небольшие расстояния переноса. Следует отметить, что мелкие обломки (менее 0,05 мм) практически не окатываются, поскольку они чаще всего переносятся во взвешенном состоянии водными и воздушными потоками, а не путем перекачивания.



I угловатые обломки (*а* — глыба; *б* — щебень; *з* — дресва)

II окатанные обломки (*з* — валун; *д* — галька; *е* — гравий)

Рисунок 4.1 — Форма обломков осадочных горных пород

Цемент осадочных пород — это вещество, скрепляющее частицы обломочного, органогенного или химического происхождения и превращающее их в плотную горную породу. Состав, структура и количественное соотношение цемента с обломочным материалом разнообразны. По составу цемент может быть глинистым, алевритовым, песчаным, карбонатным (кальцитовым, доломитовым и др.), сульфатным (гипсовым, ангидритовым и др.), кремнистым (опаловым, халцедоновым, кварцевым), железистым (окислы и гидроокислы железа), фосфатным и др.

Все окатанные обломки, скрепленные цементом, называются *конгломератом* (рисунок 4.2 *а*), соответственно в зависимости от размера обломков — валунным, галечным, гравийным (или гравелитом). Сцементированные обломки, состоящие из неокатанных обломков, называются *брекчией* (рисунок 4.2 *б*), соответственно глыбовой, щебеночной, дресвяной. Встречаются конгломераты с некоторым количеством неокатанных обломков и брекчии с небольшим количеством окатанных.

а



б



а — конгломерат; *б* — брекчия.

Рисунок 4.2 – Сцементированные обломки осадочных горных пород

Песчаные породы (псаммиты) характеризуются крупностью частиц (обломков) от 0,1 до 2,0 мм и по этому признаку делятся на грубозернистые (1,0–2,0 мм), крупнозернистые (0,5–1,0 мм), среднезернистые (0,25–0,5 мм) и мелкозернистые (0,1–0,25 мм). Эти породы отличаются от крупнообломочных, помимо крупности зерен, также и тем, что составляющие их обломки первичных пород, как правило, раздроблены до состояния минеральных зерен.

Песчаные породы характеризуются неоднородностью и по минералогическому составу. В природных условиях встречаются *однородные (мономинеральные)* кварцевые пески, состоящие не менее чем на 95% из зерен кварца. Выделяются *олигомиктовые* пески, в которых преобладает кварц (75–95%), но наблюдается значительная примесь одного или двух других минералов (полевые шпаты, слюды), и *полимиктовые*, состоящие из зерен различных минералов (кварца, полевых шпатов и цветных минералов).

В случае преобладания в песках зерен кварца и полевых шпатов их называют *аркозовыми*. При значительном содержании глауконита (20–40%) выделяют *глауконитовые* пески; оксидов железа – *железистые* пески и т. д.

Различные примеси придают пескам соответствующую окраску: глауконит – зеленую, оксиды железа – бурую, органические вещества – черную.

Песчаники представляют собой породу, образующуюся в результате цементации песков различными цементирующими веществами (рисунок 4.3).



Рисунок 4.3 - Песчаник

В зависимости от состава цемента различают песчаники *кварцевые, известковые, кремнистые, железистые* и т. д. Так же, как и пески, песчаники различаются по крупности зерен, минералогическому составу и окраске.

Алевритовые породы. К ним относятся алевриты, сложенные преимущественно мелкими частицами размером от 0,1 до 0,01 мм. Они занимают как бы промежуточное положение между песками и глинами. При небольшой примеси глинистых частиц (размером менее 0,005 мм) они близки по свойствам и внешнему виду к пескам. При значительном содержании глинистых частиц алевриты по свойствам приближаются к глинам.

К типичным алевритовым породам относятся *лёссы* и *лессовидные суглинки*. *Лёсс* представляет собой светло-желтую или палево-желтую мягкую (легко растирающуюся между пальцами), легкую однородную, макропористую породу, в составе которой преобладают частицы пыли от 0,05 до 0,01 мм (более 50%) и в значительном количестве содержатся более мелкие частицы (от 0,01 до 0,005 мм).

Для лёсса характерны: отсутствие слоистости, вертикальная отдельность (столбчатость), значительное количество карбонатных соединений (вскипает при действии 10%-ной соляной кислоты), наличие системы коротких вертикальных каналцев, являющихся следами корней растений.

Помимо лёссов, в целом ряде районов широко развиты так называемые *лессовидные суглинки* (рисунок 4.4), имеющие сходство с типичными лёссами: они пористы, имеют вертикальные каналцы, но, в отличие от лёссов, имеют менее однородный состав.



Рисунок 4.4 Лессовидный суглинок

Сцементированные алевритовые породы называются *алевролитами*, состоящие в основном из частиц алевритовой размерности; часто имеет разнообразную

окраску, тонкослоистое плитчатое строение, которое легко обнаруживается при раскалывании породы.

4.2 Глинистые осадочные горные породы

Глинистые породы отдельно выделяют из группы обломочных пород, т.к. они обладают особыми свойствами и являются наиболее распространенными осадочными породами, на долю которых приходится больше 50 % от объема всех осадочных пород.

Различают глины *осадочные* (переотложенные, вторичные) и *остаточные* (первичные). Первые более распространены и образуются преимущественно в результате осаждения из воды тонко-взмученного материала, как в морях, так и на суше. Они могут быть прибрежно-морскими, лагунными и континентальными – аллювиальными, делювиальными, озерными и т. д. Вторые образуются на месте залегания в результате химического выветривания. Глинистые породы в основном состоят из мельчайших кристаллических (реже аморфных) зерен глинистых минералов. Главные составные части глин — SiO_2 (40-70 %), Al_2O_3 (10-35 %), K_2O , Na_2O , MgO , Fe_2O_3 и H_2O . Глины представлены разнообразными обломками размером меньше 0,01-0,005 мм.

Глины обладают целым рядом общих признаков, а именно: пластичностью, способностью при смачивании поглощать воду и разбухать, связностью, слабой водопроницаемостью, огнеупорностью. При увлажнении (если подышать на них) издают землистый запах (запах “печки”). В сухом состоянии глины имеют землистый характер, обычно легко растираются между пальцами в тончайший порошок; реже они крепкие. После обжига глины дают каменистую массу.

Глинистые породы, превращенные в процессе диагенеза в плотные, сцементированные, иногда очень твердые породы, называют *аргиллитами*. Имеет большую твердость, чем глина. Не размокает в воде. Излом неровный. Цвет различный. Отличительные признаки - для аргиллита характерны плотное строение, неровный излом, запах глины, не размокаемость в воде. От глины отличается

твердостью и не размокаемостью в воде. При увлажнении имеет запах глины. Применение - вспученный аргиллит применяется как строительный материал.

4.3 Хемогенные и органогенные осадочные горные породы

Хемогенные и органогенные осадочные горные породы образуются преимущественно в водных бассейнах. Осадочные породы химического происхождения образуются в результате: 1) выпадения солей из насыщенных растворов; 2) коагуляции коллоидных растворов; 3) химических реакций, происходящих в верхней части земной коры.

Характерной особенностью хемогенных пород является постоянство химического и минералогического состава. Многие из них являются породами мономинеральными.

Различный минералогический состав и наличие примесей обуславливают разнообразие цвета химических пород. Чаще всего, однако, они имеют светлую окраску. Структура этих пород зависит от минералогического состава и условий образования: они могут быть зернисто-кристаллическими, плотными, землистыми, пористыми или оолитовыми.

Осадочные органогенные породы образуются в результате жизнедеятельности организмов, вследствие накопления органических остатков после отмирания животных и растений.

Классификация хемогенных и органогенных пород производится по химическому составу слагающих их минералов. Выделяются следующие химико-минералогические классы пород: карбонатные; кремнистые; галоидные и сульфатные; железистые; фосфатные и каустобиолиты (углеродные и углеводородные породы).

4.4 Задания для выполнения практической работы №4

Задание 1. Описать обломочные осадочные горные породы из учебной коллекции, результаты занести в журнал описания обломочных осадочных горных пород (таблица 4.2).

Таблица 4.2– Журнал описания обломочных осадочных горных пород

№ п/п	Окраска	Структура	Текстура	Название	Применение в строительстве 2
1	2	3	4	5	6

Задание 2. Подготовить краткие сообщения последующим вопросам:

1. Понятие осадочные горные породы. Стадии образования осадочных горных пород.
2. Классификация осадочных горных пород по химическому составу.
3. Минералогический состав осадочных пород.
4. Тектурные и структурные признаки осадочных горных пород.
5. Классификация обломочных и глинистых пород.
4. Месторождения обломочных и глинистых пород и их практическое использование.

4.5 Контрольные вопросы

1. Назовите типы слоистости осадочных пород.
2. В чем отличие валуна от глыбы.
3. Что такое алевролит и аргиллит.
4. Назовите типы слоистости осадочных пород.
5. На что указывает окатанность осадочного материала.
6. Назовите способы образования хемогенных пород.

5 Практическая работа №5. Метаморфические горные породы

Метаморфические горные породы образуются в земной коре из магматических и осадочных пород путем их глубокого изменения и преобразования под влиянием высокой температуры, давления, горячих водных растворов и газовых компонентов.

При этом происходит сложный процесс перекристаллизации минеральных масс, замещение одних веществ другими, разрушение старых структур и текстур и образование новых. Основными факторами метаморфизма являются температура, давление (литостатическое и одностороннее) и химически активные вещества — растворы и газы.

С учетом геологических условий и преобладания тех или иных факторов преобразования пород выделяются следующие основные типы метаморфизма.

Контактный метаморфизм происходит на контакте внедрившейся магмы с вмещающими ее породами. Здесь изменение горных пород происходит под влиянием давления, теплового воздействия высокотемпературного (выше 1000°) расплава магмы, газообразных компонентов магмы (пневматолитовый метаморфизм) и горячих растворов (гидротермальный метаморфизм). При этом происходит изменение структуры, текстуры, часто химического и минералогического состава метаморфизирующихся пород.

Динамометаморфизм, или *дислокационный метаморфизм*, обуславливается односторонним давлением (стрессом), которое испытывают породы под влиянием тектонических движений. При этом происходит изменение структуры, текстуры, иногда минералогического состава метаморфизирующихся пород. Химический состав остается неизменным.

Региональный метаморфизм проявляется на огромных площадях в подвижных зонах земной коры (геосинклиналях) под влиянием высокой температуры, большого давления, а часто при участии химически активных

веществ. Метаморфические породы испытывают, как правило, весьма глубокие изменения как в структуре, так и в составе.

5.1 Структура и текстура метаморфических пород

Метаморфические породы образуются в результате структурно-текстурных и минеральных, а иногда и химических преобразований ранее существовавших пород (осадочных, магматических и метаморфических) в связи с изменением физико-химических условий под воздействием разнообразных эндогенных процессов. По интенсивности метаморфических преобразований породы разделяются на слабо измененные (метаморфизованные), сохранившие реликты состава и структуры исходного материала (протолита), и глубоко преобразованные (метаморфические), первоначальная природа которых полностью утрачена. Между ними наблюдаются постепенные переходы.

В процессе метаморфизма некристаллические породы становятся кристаллическими, а кристаллические испытывают перекристаллизацию. Поэтому метаморфические породы имеют обычно *кристаллическую структуру* и в этом отношении в известной мере сходны с глубинными магматическими породами.

Среди структур метаморфических пород выделяют следующие главные типы:

- кристаллобластовые;
- катакластические;
- реликтовые.

Кристаллобластовые структуры возникают в результате полной перекристаллизации исходных пород. Процесс перекристаллизации в твердом состоянии называется кристаллобластезом, а минеральные зерна, образующиеся в результате такого процесса, - кристаллобластами. Например кварцит (рисунок 5.1), мрамор.

По величине минеральных частиц различают крупнозернистую структуру (диаметр частиц более 5 мм), средне (1-5 мм), мелко – (0,25 – 1 мм) и тонкозернистую (менее 0,25 м). По относительным размерам зерен

кристаллобластовые структуры подразделяются на равномерно-зернистые и неравномерно-зернистые.



Рисунок 5.1 – Кварцит

Катакластические структуры возникают под воздействием направленного давления, вызывающего дробление и перетирание пород. Например тектонические брекчии (рисунок 5.2).

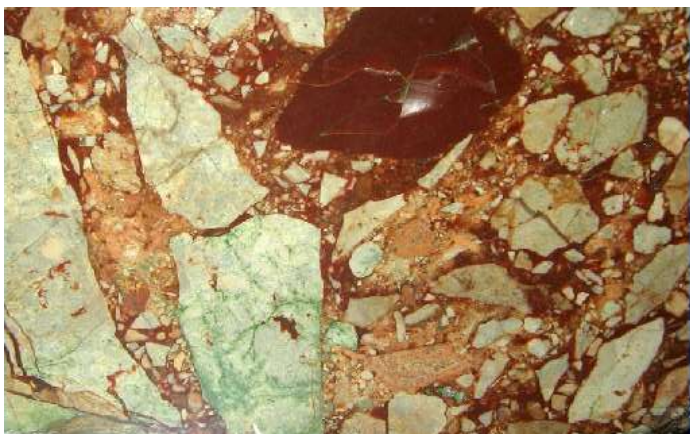


Рисунок 5.2 – Тектоническая брекчия

Реликтовые структуры характерны для пород, не претерпевающих глубоких изменений, в которых наряду с новыми структурами сохранились элементы структур исходных пород.

По *текстуре* метаморфические породы значительно отличаются от магматических. Для них характерны следующие виды текстур.

Сланцеватая– удлиненные кристаллы располагаются своими длинными сторонами взаимно параллельно. Породы со сланцеватой текстурой часто легко раскалываются на тонкие пластинки или плитки с ровными параллельными плоскостями, например, глинистый сланец, филлит, сланец тальковый (рисунок 5.3).



Рисунок 5.3 – Сланец тальковый

Полосчатая или *ленточная* – в породе чередуются более или менее выдержанные полосы разной толщины и различного минералогического состава, например, гнейс.



Рисунок 5.4 - Гнейс

Массивная, аналогичная полнокристаллической текстуре магматических пород, например, мрамор (рисунок 5.5).



Рисунок 5.5 – Мрамор

Волокнистая – большая часть породы сложена волокнистыми минералами.

Очковая – в породе присутствуют зерна овальной формы или агрегаты обычно светлоокрашенных минералов, резко выделяющиеся на темном фоне породы, например, очковый гнейс.

Плойчатая – порода смята в мелкие складочки, гофрирована.

5.2 Классификация метаморфических пород

Метаморфические горные породы классифицируются по происхождению, по минералогическому составу и по глубине образования (таблица 5.1).

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

Таблица 5.1 – Классификационная таблица метаморфических горных пород

Название породы	Минералогический состав	Тип метаморфизма
1	2	3
Мрамор	Кальцит, доломит, магнезит	Регионально-контактный
Кварцит	Кварц с примесью слюды, хлорита	Региональный
Роговики	Кварц, слюда (биотит), присутствуют часто полевые шпаты, гранат, магнетит, роговая обманка, пироксенит	Контактный
Скарн	Гранит, пироксен, плагиоклаз, эпидот, карбонатные рудные минералы	Пневматолитово-гидротермальный
Грейзен	Кварц, слюда, (мусковит), турмалин	
Серпантин (змеевик)	Серпантин, примесь магнетита и хромита	Региональный
Амфиболит	Роговая обманка, средний плагиоклаз, кварц	Региональный
Глинистый сланец	Биотит, хлорит, серицит, кварц, примеси (пирит, углистые частицы, железорудные минералы)	Региональный, динамический
Филлит	Кварц, серицит, хлорит, биотит, альбит	Региональный
Слюдяные сланцы	Кварц, слюда, хлорит, примеси (графит, гранат)	
Тальковый сланец	Тальк с примесью кварца, хлорита и слюды	
Хлоритовый сланец	Хлорит с примесью кварца, талька, слюды, актинолита, магнетита	
Гнейс	Кварц, полевые шпаты, слюда, роговая обманка, авгит, амфибол	

Различают несколько видов метаморфизма. *Контактный метаморфизм* происходит на контакте внедрившейся магмы с вмещающими ее породами. Здесь изменение горных пород происходит под влиянием давления, теплового воздействия высокотемпературного (выше 1000 °С) расплава магмы, газообразных компонентов магмы (пневматолитовый метаморфизм) и горячих растворов (гидротермальный метаморфизм). При этом происходит изменение структуры, текстуры, а часто химического и минералогического состава метаморфизующихся пород.

Динамометаморфизм, или *дислокационный метаморфизм*, обуславливается односторонним давлением (стрессом), которое испытывают породы под влиянием тектонических движений. При этом происходит изменение структуры, текстуры, иногда минералогического состава метаморфизующихся пород. Химический состав остается неизменным.

Региональный метаморфизм проявляется на огромных площадях в подвижных зонах земной коры (геосинклиналях) под влиянием высокой температуры, большого давления, а часто при участии химически активных веществ. Метаморфические породы испытывают, как правило, весьма глубокие изменения как в структуре, так и в составе.

5.3 Задания для выполнения практической работы № 5

Задание 1. Подготовить краткие сообщения по следующим вопросам:

1. Главнейшие метаморфические породы, образующиеся при региональном метаморфизме.
2. Структура и текстура метаморфических пород, образующихся при динамометаморфизме.
3. Условия образования метаморфических горных пород.
4. Главнейшие метаморфические породы, образующиеся при контактовом метаморфизме.

Задание 2. Описать метаморфические горные породы из учебной коллекции, результаты занести в журнал описания метаморфических горных пород (таблица 5.2).

Таблица 5.2– Журнал описания метаморфических горных пород

Название породы	Окраска	Структура	Текстура	Минеральный состав	Тип метаморфизма	Применение в строительстве
1	2	3	4	5	6	7

5.4 Контрольные вопросы

1. На какие реликты разделяются метаморфические горные породы по интенсивности преобразований.
2. Какие структуры возникают в результате полной перекристаллизации исходных пород.
3. Как называется процесс перекристаллизации метаморфических горных пород.
4. Перечислите основные факторы регионального метаморфизма.
5. Структуры характерны для пород, не претерпевающих глубоких изменений.
6. Как называется структура, возникающая под воздействием направленного давления, вызывающего дробление и перетираание пород.

6 Практическая работа №6. Общие сведения о геологической карте, содержание геологических карт

6.1 Типы и масштабы геологических карт

Геологическая карта представляет собой графическое изображение на плоскости (в плане) в определенном масштабе и определенных условных обозначениях геологического строения того или иного участка земной поверхности.

Геологические карты бывают различных типов. Чаще всего можно встретить так называемые *общие* геологические карты, на которых показано распространение выходящих на поверхность Земли горных пород разного происхождения, состава и возраста. Существует, однако, ряд *специальных* карт, также являющихся результатом геологических исследований. К ним относятся: 1) литологические карты, на которых показывается распространение на поверхности пород различного вещественного состава; 2) карты полезных ископаемых; 3) карты четвертичных отложений и другие.

Масштабы геологических карт различны. Различают мелкомасштабные геологические карты, имеющие масштабы от 1 : 500 000 и мельче (например, геологическая карта СССР масштаба 1 : 2 500 000 и 1 : 5 000 000 и др.). Следующая группа карт охватывает среднемасштабные геологические карты, изображающие строение какой-либо определенной геологической области, т. е. области со сходными чертами геологического строения и развития (например, геологическая карта Урала, Кавказа и др.). Масштабы этих карт 1 : 100 000 и 1 : 200 000. Третью группу образуют крупномасштабные геологические карты, имеющие масштабы 1 : 50 000 и 1 : 25 000. К последней группе относят детальные геологические карты, которые составляют для районов распространения тех или иных полезных ископаемых (например, угля, нефти, железа и др.), а также для небольших районов, охватывающих какое-либо одно месторождение или его часть. Масштабы этих карт 1 : 10 000 и крупнее.

Геологическая карта наиболее полно, по сравнению с другими, воспроизводит геологию того или иного участка земной коры и служит общим типом геологических карт. В основу ее построения положен стратиграфический принцип, то есть на карте показаны, в первую очередь, возраст, стратиграфические соотношения (последовательность залегания), площадь распространения различных по происхождению, возрасту и составу горных пород, а также характер и тип контактов между ними. При этом карта должна быть «структурной» и отражать условия залегания и взаимоотношения развитых в пределах данного района комплексов горных пород не только по площади, но и на глубину.

Несмотря на то, что геологическая карта изображает лишь те отложения, которые выходят на поверхность, показывая границы их распространения в плане, чтение карты дает возможность представить объемное строение всей толщи отложений, позволяет делать прогноз распределения и условий залегания полезных ископаемых и выбирать правильное направление их поисков.

6.1.1 Условные обозначения на геологических картах

Геологическая карта сопровождается *условными обозначениями, стратиграфической колонкой и разрезом.*

Условные обозначения на геологических картах используются, для указания состава, времени формирования и условий залегания горных пород. Применяются четыре типа условных знаков: *цветовые, буквенно-цифровые (индексы), штриховые и линейные условные знаки.*

Возраст осадочных, вулканогенных, вулканогенно-осадочных и метаморфических образований выделяется на карте посредством различных красок и индексов. Окраска используется для указания их возраста, а индексы для состава и возраста одновременно.

Цветовые обозначения стратифицированных образований должны соответствовать цветам раскраски, принятых для групп и систем – подразделений единой стратиграфической шкалы (приложение А). Каждая система обозначается

определенным цветом и буквенным индексом, более дробные подразделения (отдел, ярус) закрашивают цветом соответствующей системы (таблица 6.1).

Таблица 6.1 – Цвета раскраски и индексы основных стратиграфических подразделений на геологических картах

Группа (эратема)	Система	Индекс	Отдел	Цвет
			Индекс	
Кайнозойская KZ	Четвертичная Неоген Палеоген	Q	Q _I , Q _{II} , Q _{III} , Q _{IV}	Светло-кричевый
		N	N ₁ , N ₂	Лимонно-желтый
		P	P ₁ , P ₂ , P ₃	Желтый
Мезозойская MZ	Мел Юра Триас	K	K ₁ , K ₂	Зеленый
		J	J ₁ , J ₂ , J ₃	Синий
		T	T ₁ , T ₂ , T ₃	Фиолетовый
Палеозойская PZ	Пермь Карбон (каменноугольная) Девон Силур Ордовик Кембрий	P	P ₁ , P ₂	Оранжевый
		C	C ₁ , C ₂ , C ₃	Серый
		D	D ₁ , D ₂ , D ₃	Коричневый
		S	S ₁ , S ₂ , S ₃	Грязно-зеленый
		O	O ₁ , O ₂ , O ₃	Оливково-зеленый
		Є	Є ₁ , Є ₂ , Є ₃	Лиловый
Протерозойская PR		PR	PR ₂ PR ₁	Светло-розовый
Архейская AR		AR	AR ₂ AR ₁	Темно-розовый

При этом более древние подразделения имеют темный тон соответствующего цвета, а более молодые — светлый тон того же цвета.

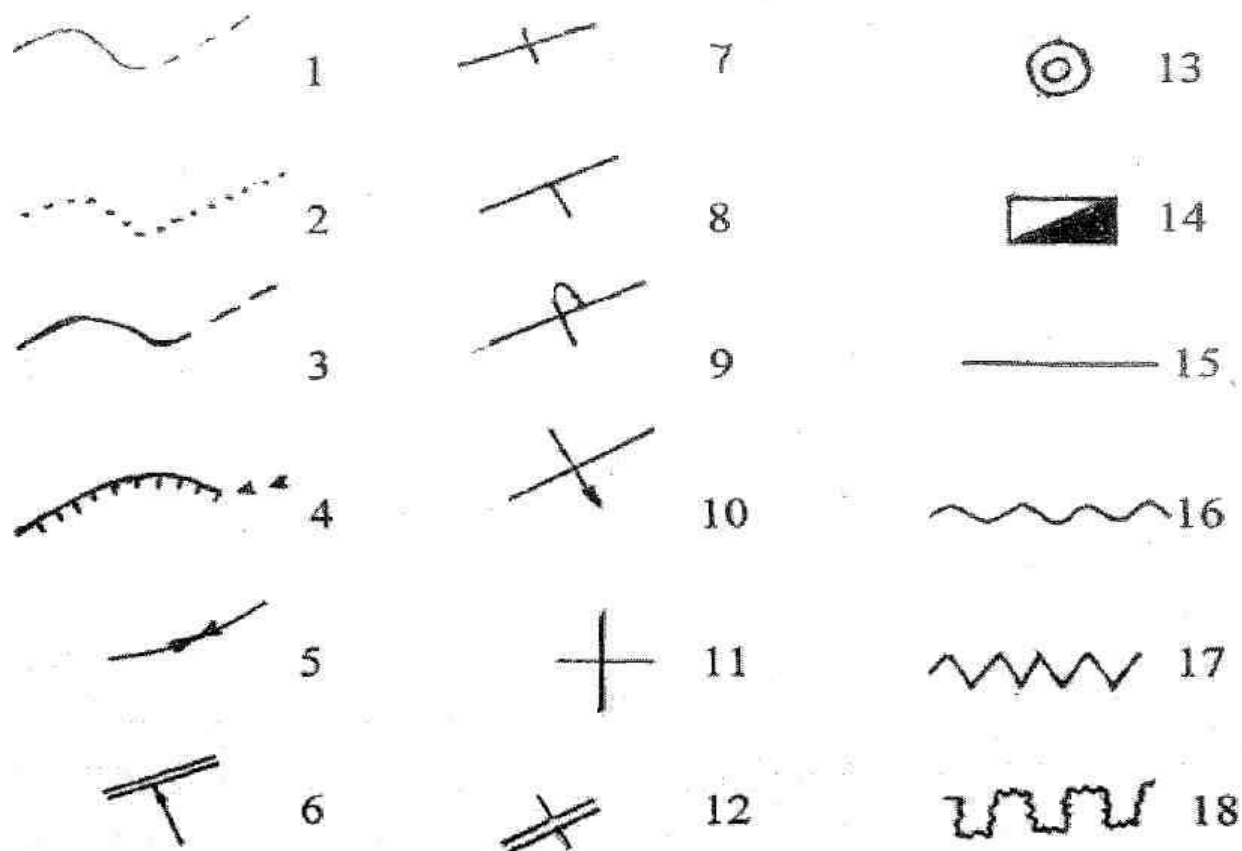
Магматические горные породы изображаются не по возрастному, а по генетическому и петрографическому признакам. Эффузивные и интрузивные породы окрашиваются разным цветом. В свою очередь, различие цвета интрузивных пород свидетельствует о различии их состава: кислые породы окрашиваются оттенками красного цвета, основные – сине-зеленым, ультраосновные – темно-фиолетовым, щелочные – ярко-оранжевым цветом. Возраст магматических пород, если он известен, показывается буквенными индексами.

Индексы представляют собой сочетание букв преимущественно латинского(реже русского) алфавита, арабских и римских цифр, используемых для обозначения возраста, и строчных букв греческого алфавита – для указания петрографического состава пород. Возраст всех пород независимо от происхождения обозначается индексами, которые применяются для обозначения основных стратифицированных подразделений (таблица 6.1).

В составлении индекса существуют определенные правила. Для стратифицированных отложений в начале ставится латинизированное название системы в виде одной заглавной (первой) буквы слова: например, каменноугольная система — С. Отдел обозначается арабской цифрой, помещенной справа внизу у индекса системы: например, нижний отдел каменноугольной системы — С₁.

Состав горных пород может быть отражен *штриховыми* условными знаками, посредством черточек, точек, пунктиров. Наиболее употребительные штриховые знаки приведены в приложении В.

Линейными знаками на карте обозначаются маркирующие горизонты (пласты, слои), дайки, силы, жилы, геологические границы, разрывные нарушения и их морфологические разновидности, условия залегания слоев, ориентировка шарниров складок, главнейшие палеонтологические находки, пункты определения абсолютного возраста пород, минералов, геологоразведочные выработки - скважины, шурфы, канавы, расчистки (рисунок 6.1).



Геологические границы: 1 – между разновозрастными образованиями, достоверные - сплошная линия, пунктирная линия - предполагаемые; 2 - фациальных и литологических подразделений одного и того же возраста; 3 – разрывные нарушения, достоверные - сплошная линия, предполагаемые – пунктирная; 4 - разрывные нарушения, с указанием направления падения сместителя (бергштрихами); 5 - разрывы без смещения блоков (трещины); 6- линии долгоживущих разломов.

Залегание: 7 – вертикальное, 8 – наклонное, 9 – опрокинутое, 10 – пологое, 11 – горизонтальное, 12 – преобладающее наклонное.

Геолого-разведочные выработки: 13 – буровые скважины, 14 – шурфы.

Геологические границы на стратиграфических колонках – при характере залегания слоев: 15 – согласном, 16 – параллельном (стратиграфическом) несогласии; 17 – угловом несогласии, 18 – несогласии с резко неровной поверхностью нижнего комплекса («карманом»).

Рисунок 6.1 – Линейные условные знаки

В расположении условных знаков соблюдается строгий порядок. В первой вертикальной колонке сначала идут условные обозначения, характеризующие стратифицированные образования (осадочные, вулканогенные и метаморфические), располагаемые сверху вниз от более молодых к более древним, затем условные обозначения интрузивных и нестратифицированных вулканогенных образований (также от поздних к ранним).

Во второй колонке, которая располагается правее первой, находятся условные обозначения, объясняющие специальные знаки (круп), используемые при составлении геологической карты. К низу от них в этой же колонке даются обозначения геологических границ, разрывных нарушений и их морфологических разновидностей. Далее следуют условные обозначения элементов залегания слоев, мест находок ископаемой фауны и флоры, горных выработок и буровых скважин, геофизических кривых, сопровождающих геологические разрезы и пунктов определения абсолютного возраста горных пород (рисунок 6.2).

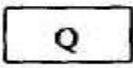
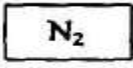
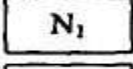
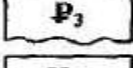
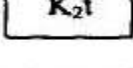



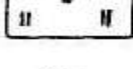

УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ		
Четвертичная система		Нерасчлененные аллювиальные отложения
Неогеновая система		Плиоцен Конгломераты
		Миоцен Глины
Палеогеновая система		Олигоцен. Глины
Меловая система		Верхний отдел. Туронский ярус. Кремнистые породы
		Конгломераты мелкогалечные
		Глины
		Песчаники кварцевые
		Кремнистые опоковидные породы
		Геологические границы
	• 1	Буровые скважины и их номер

Рисунок 6.2 – Условные обозначения

Условные обозначения помещаются справа о карты и заключаются в прямоугольники размером 8 х 15 мм. Прямоугольник окрашивается соответствующим цветом и внутри его проставляется индекс. Справа дается словесное объяснение условного знака.

6.1.2 Составление стратиграфической колонки

Для того чтобы на геологической карте выяснить стратиграфическую последовательность пород при их залегании необходимо составить стратиграфическую колонку.

На стратиграфической колонке в возрастной последовательности снизу вверх от древних к молодым показываются дочетвертичные стратифицированные осадочные, вулканические и метаморфические породы, развитые на территории, изображенной на карте. Четвертичные отложения и интрузивные породы на колонке не изображаются.

Стратиграфическая колонка состоит из ряда вертикальных граф (7-8), включающих в себя (слева направо)[2]:

- общую стратиграфическую шкалу с указанием системы, отдела, яруса;
- стратиграфического подразделения;
- колонку, в которой штриховыми знаками изображается состав и цветом (как на карте) возраст стратиграфических подразделений, положение находок органических остатков, а также взаимоотношения подразделений между собой;
- мощность (в метрах) или интервалы мощности при ее изменчивости выделенных на карте подразделений;
- характеристику подразделений с указанием местных стратиграфических подразделений (серия, свита и т. д.), краткого описания вещественного состава с перечнем важнейших ископаемых органических остатков.

Пример выполнения стратиграфической колонки представлен на рисунке 6.3.

СТРАТИГРАФИЧЕСКАЯ КОЛОНКА

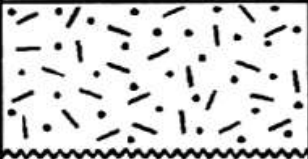
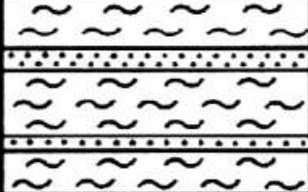
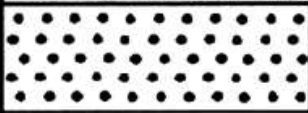
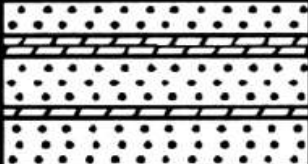
Система	Отдел	Ярус	Индекс	Литологическая колонка	Мощность, м	Характеристика пород
Меловая	Верхний		K_2is		> 10	Истанахская свита. Конгломераты с прослоями туфов.
	Нижний	Сеноманский	K_1s_1		10-15	Нижний подъярус. Туфы кислого состава.
Триасовая	Средний		T_2		> 20	Песчаники с прослоями конгломератов.
	Нижний		T_1nk		14	Никольская свита. Конгломераты мелкогалечные.
Каменноугольная	Средний		C_2		> 20	Сланцы глинистые с прослоями известняков.
	Нижний		C_1		23	Известняки фараминовые, вверху глинистые.
Девонская	Верхний		D_3		45-50	Сланцы глинистые с прослоями песчаников тонкозернистых.
	Средний		D_2		12-15	Песчаники грубозернистые.
	Нижний		D_1		20	Конгломераты крупногалечные.
Силурийская	Верхний	Пржидольский	S_2p		25	Песчаники среднезернистые с прослоями доломитов.

Рисунок 6.3– Образец выполнения стратиграфической колонки

Ширина всех граф, кроме колонки и характеристики пород, принимается 1-1,5 см; колонки — 3-4 см, а графа характеристика подразделений — по необходимости.

Стратиграфические подразделения в колонке раскрашиваются и индексируются в полном соответствии с цветами и индексами подразделений, выделенных на геологической карте. Выделенные древние подразделения, не вскрытые на геологической карте, в колонке показываются на 2/3 ее ширины.

Вертикальный масштаб стратиграфической колонки выбирается так, чтобы ее высота не превышала размеров вертикальной рамки карты и на ней можно было бы отразить основные особенности строения выделенных подразделений. Колонка строится по максимальным мощностям отложений, но если из-за большой мощности каких-либо подразделений длина колонки излишне возрастает, то допускается делать «разрыв» внутри однородных по составу интервалов разреза, изображаемый тонкой двойной (с промежутком в 2 мм) волнистой линией.

6.2 Последовательность выполнения практической работы №6

Задание 1. Составить стратиграфическую колонку, используя данные по вариантам (таблица 6.2).

Задание 2. Составить условные обозначения, используя данные по вариантам (таблица 6.2).

Таблица 6.2 – Исходные данные для практической работы №6

Номер варианта №	Наименование геологического периода
1	2
I	1. Глинистые сланцы, кремнистые породы, нижний отдел, кембрийская система, мощность 300 м.

Продолжение таблицы 6.2

1	2
	2. Диориты, среднеюрские. 3. Песчаники, нижний отдел, силурийская система, мощность 650 м. 4. Разрывные нарушения предполагаемые. 5. Туфолавы, риолитового состава, верхний отдел, каменноугольная система, мощность 450 м. 6. Габбро пермского возраста. 7. Алевриты, девонская система, мощность 350 м. 8. Опрокинутое залегание слоев. 9. Доломиты, ордовикская система, мощность 500 м. 10. Аргиллиты, триасовая система, 550 м.
II	1. Мергели, верхний отдел, кембрийская система, 600 м. 2. Среднеюрские риолиты. 3. Известняки, нижний отдел, меловая система, мощность 450 м. 4. Горизонтальное залегание слоев. 5. Сланцы, палеогеновая система. 6. Песчаники, верхний отдел, девонская система, мощность 550 м. 7. Алевриты, нижний отдел силурийская система, мощность 250 м. 8. Туфы, каменноугольная система. 9. Места находок ископаемых остатков листовой флоры. 10. Доломиты, средний отдел, триасовая система, мощность 350 м.

Методические указания

Для составления колонки из всего ряда приведенных данных необходимо выбрать все стратиграфические образования, к которым относятся осадочные, метаморфические и вулканогенные за исключением четвертичных отложений, которые в стратиграфической колонке не показываются. Их необходимо расположить в строгой возрастной последовательности снизу вверх от древних к

молодым, индексами и цветом показать возраст, знаками – состав горных пород.

Пример выполнения показан на рисунке 6.3.

Для составления условных обозначений все приведенные данные должны быть указаны в определенном порядке: 1) знаки вещественного состава; 2) взаимоотношения геологических подразделений (геологические границы, элементы залегания слоев, разрывные нарушения); 3) прочие условные обозначения (места расположения буровых скважин, места сборов ископаемых органических остатков).

Пример выполнения показан на рисунке 6.2.

6.3 Контрольные вопросы

1. Как изображаются на картах основные породы осадочных и магматических образований.

2. Какие типы геологических карт относятся к обязательным.

3. Из ряда, каких вертикальных граф состоит стратиграфическая колонка.

4. Правило составления буквенно-цифровых индексов, стратиграфических подразделений.

5. Перечислите четыре типа условных знаков на геологических картах.

6. Какие типы геологических карт относятся к специальным.

7 Практическая работа № 7. Построение геологических карт и разрезов на площадях с горизонтальным залеганием пород

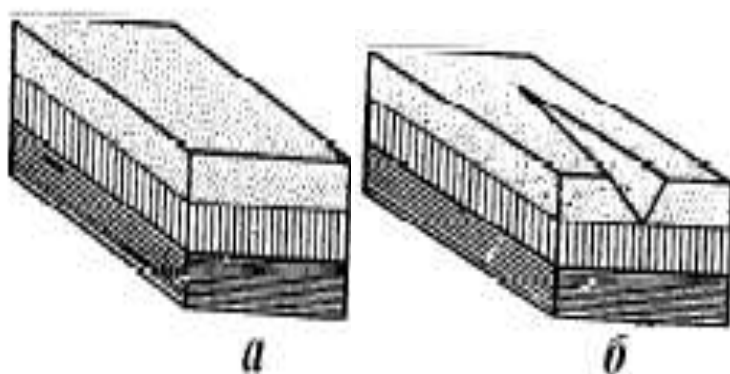
Горизонтальным залеганием горных пород, или горизонтальной структурой называют такое залегание, когда поверхность напластования слоев в целом совпадает с горизонтальной плоскостью

Горизонтальная структура очень широко распространена, представляя верхнюю зону осадочной оболочки Земли. Четвертичные и, в несколько меньшей степени, неогеновые образования почти во всех тектонических регионах лежат горизонтально. Горизонтальное залегание характерно и для более древних пород (вплоть до кембрийских, как, например, в Прибалтике), занимающих верхний этаж обширных платформ, предгорных и многих межгорных прогибов. В крупных платформенных структурах - антеклизах и синеклизах-наклоны слоев настолько малы (обычно доли градуса), что на большей части платформы (за исключением некоторых платформенных складок, главным образом соляных куполов) породы залегают практически горизонтально. Горизонтальная структура свойственна и некоторым сериям протерозойских метаморфических пород, например овручской на Русской платформе [5].

Горизонтально залегающие слои различного состава и возраста, а также границы разделяющих их перерывов, являютсяместилищем разнообразного комплекса твердых, жидких и горючих полезных ископаемых, а также многочисленных россыпных месторождений благородных и редких металлов. Изучение их строения, вещественного состава и характера напластования при поисках и разведке месторождений полезных ископаемых имеет большое прикладное значение.

7.1 Признаки горизонтального залегание слоев горных пород

При горизонтальном залегании слоев и плоском нерасчлененном рельефе местности геологическая карта будет представлять сплошное поле, закрашенное одним цветом, присвоенным слою, занимающему самое верхнее положение в толще горизонтально лежащих пластов (рисунок 7.7 *а*). Такая же однообразная картина будет наблюдаться и в том случае, если овраги и реки развивают свои долины только в пределах верхнего пласта (в случае большой мощности верхнего пласта или неглубокого вреза эрозионных форм (рисунок 7.1*б*)).



а – участка с горизонтальным залеганием пластов и нерасчлененным рельефом; *б* – участка с горизонтальным залеганием пластов и неглубоко врезанной речной долиной.

Рисунок 7.1 - Блок-диаграммы участков с горизонтальным залеганием слоев

На карте с горизонталями границы слоев совпадут с горизонталями рельефа или пройдут параллельно им (рисунок 7.2).

Признаки горизонтального залегания пластов на обзорных геологических картах[7].

1. Пласты, лежащие горизонтально, широко распространены на поверхности, образуя на карте крупные пятна неправильных очертаний.

2. Наиболее молодые отложения слагают междуречные пространства, а более древние выходят полосами, тянущимися вдоль долин рек.

3. Реки, вследствие углубления долин от истоков к устью, последовательно врезаются в слои все более и более древние.

Кроме того, косвенными признаками горизонтального залегания слоев на той или иной территории служат равнинный рельеф и древовидный характер речной сети.

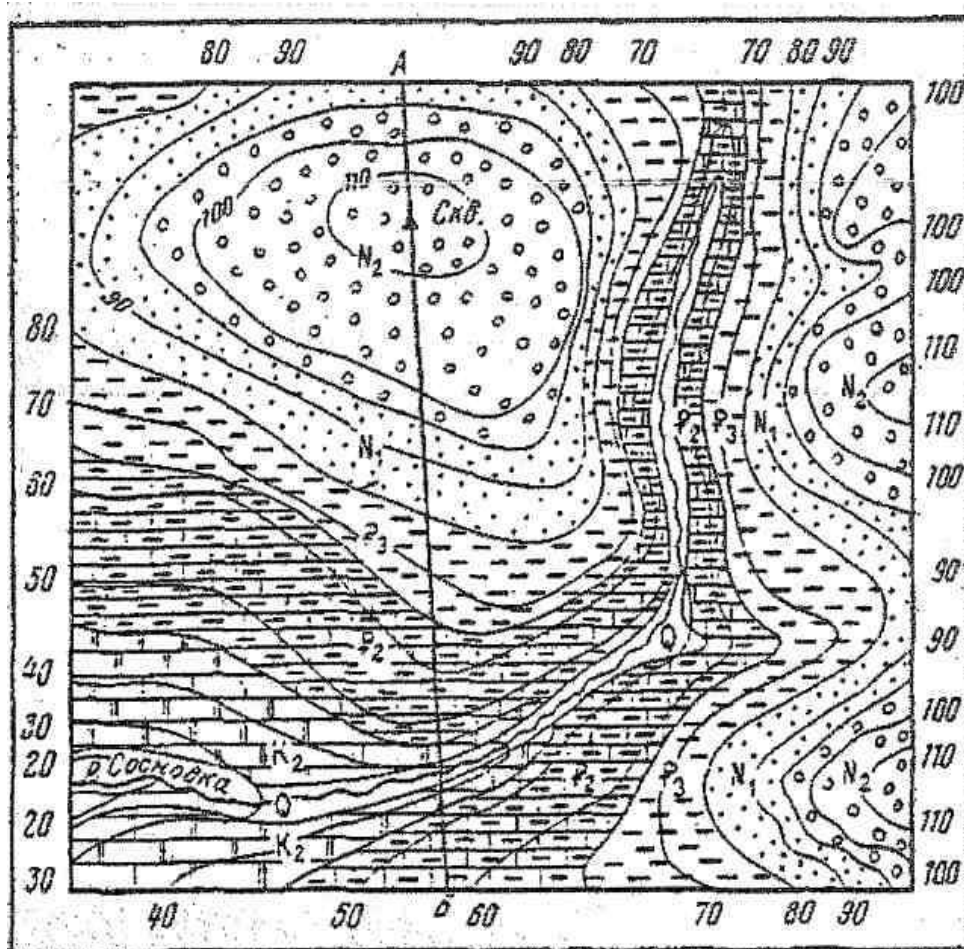


Рисунок 7.2 – Геологическая карта участка с горизонтальным залеганием пластов

При наклонном залегании слоев даже в условиях плоского нерасчлененного рельефа на геологической карте будет наблюдаться серия пластов в виде полос, сменяющих друг друга в сторону падения от более древних к более молодым.

В случае расчлененности местности, сложенной наклонными пластами, на геологической карте она будет изображаться по-разному в зависимости от направления и угла падения пластов, а также от направления и наклона расчленяющих местность долин или общих уклонов местности.

7.2 Составление геологического разреза

Геологический разрез — важнейший элемент геологической графики, он дополняет и уточняет геологическую карту, давая наглядное представление об изменении геологического строения с глубиной. Геологические разрезы обычно строятся вместе с картой.

Направление геологического разреза показывают на геологической карте линией, которая представляет собой отрезок прямой, проведенный от рамки до рамки и ограниченный штрихами, и имеющий буквенное или цифровое обозначение, например, А-Б, В-Г, Д-Е (рисунок 7.2).

Линии разрезов предпочтительнее ориентировать перпендикулярно простиранию пород и основных структур. В этом случае на разрезе будут показаны участки с разным геологическим строением, их взаимоотношения между собой, будут сохранены истинные углы наклона горных пород и т. д. Обычно составляют разрезы, которые пересекают весь лист карты от рамки до рамки по прямой линии. При сложном геологическом строении, когда невозможно провести прямую линию вкрест простирания всех структур, допускается построение разрезов по ломаной линии. Ломаные линии выбирают также в том случае, если необходимо на одном разрезе показать участки с разным геологическим строением, не попадающие на прямую линию. Положение разреза показывают на геологической карте тонкими черными линиями.

При построении разреза необходимо иметь в виду, что слева располагаются западный, северо-западный, юго-западный и южный концы разреза. Таким образом,

ориентировка разреза должна соответствовать «падению» линии разреза на горизонтальную рамку карты; меридиональные разрезы «роняют» направо.

При построении разрезов, кроме информации, получаемой при анализе геологической карты, используют данные буровых скважин, канав и геофизических материалов.

Для построения разреза необходимо выбрать вертикальный и горизонтальный масштабы. Как правило, вертикальный и горизонтальный масштабы разрезов должны соответствовать масштабу карты. Горизонтальный масштаб практически всегда принимается равным масштабу карты за исключением специальных разрезов, рассмотрение которых выходит за рамки курса. Вертикальный масштаб может быть увеличен для случаев горизонтального и пологонаклонного залегания пород. Необходимость увеличения вертикального масштаба чаще всего вызывается тем, что слои малой мощности, но важные в геологическом отношении, невозможно показать на разрезе в масштабе карты. В этом случае вертикальный масштаб увеличивается до такой степени, чтобы самый маломощный слой мог быть изображен полоской шириной не менее 1-2 мм. Рассмотрим пример, когда масштаб карты 1:50 000, а самый тонкий слой имеет мощность 10 м. Если этот слой изображать в масштабе 1:50000, то он будет иметь на разрезе толщину всего 0,2 мм и его будет технически невозможно изобразить на карте. Целесообразно взять масштаб 1:10000 или 1:5000, в первом случае слой на разрезе выразится полоской в 1 мм, во втором случае ширина полоски составит 2 мм. Необходимо избегать чрезмерного увеличения вертикального масштаба, так как это ведет к искажению (увеличению) углов наклона слоев горных пород и разрывных нарушений на разрезе, а вместе с ними и к искажению представлений о геологическом строении территории. Разрез при этом утрачивает свое главное назначение — давать наглядное представление о геологическом строении на глубину. Для частей района, сильно отличающихся геологическим строением, могут быть составлены разрезы с разными вертикальными масштабами, в пункте смены масштаба на линии разреза и самом разрезе делается разрыв шириной 0,5 мм.

Геологические разрезы должны полностью соответствовать геологической карте по контурам тел, их окраске, крапам, индексам, наклонам и мощности слоев. Поэтому для разрезов не требуются отдельно условные обозначения, для их чтения достаточно условных обозначений к карте. Если же на разрезе изображаются геологические объекты, которых нет на карте, то в условные обозначения обязательно вносятся соответствующие обозначения с указанием «только на разрезах». На разрезах, которые помещаются отдельно от геологической карты, условные обозначения обязательны, принцип их составления не отличается от условных обозначений для геологической карты. При малой мощности каких-либо стратиграфических подразделений допускается их объединение в подразделение, которое можно отразить в масштабе карты.

Четвертичные отложения показывают на разрезе, либо когда их мощность может быть отражена в масштабе разреза, либо когда им придается особое значение (в последнем случае в увеличенном масштабе).

На разрезе отражаются все пересекаемые линией маркирующие горизонты, пласты, линзы и измененные породы. Штриховыми линиями можно показать предполагаемое продолжение геологических границ выше земной поверхности.

Буровые скважины, если они попадают на линию разреза или располагаются вблизи нее (100-1000 м), показывают черными сплошными линиями и черными штриховыми, если они отстоят в стороне и спроецированы на плоскость разреза. Забой скважины ограничивается короткой горизонтальной линией (подсечкой). Около устья скважины указывается ее номер по списку.

На каждом разрезе должны быть показаны:

- гипсометрический профиль местности;
- линия уровня моря (за исключением высокогорных районов);
- линейный вертикальный масштаб с делениями через 0,5 см и оцифровкой в тысячах метров или километров через 1 см с указанием единиц измерения на обоих концах разреза. Шкала высот должна обеспечить отражение всех геологических образований, показанных на карте вдоль разреза;
- возрастные обозначения, привязывающие разрез к карте. При этом

буквенно-цифровые индексы пишут либо внутри самого слоя, если мощность позволяет это сделать, либо где-то рядом, не вынося за границу вертикального масштаба, и затем тонкой черточкой указывают, какому слою принадлежит данный индекс. Индексы следует расположить равномерно по разрезу, не концентрируя их в одном месте. Лучше обозначения слоев дать в двух-трех местах, для того чтобы было удобнее читать разрез. Во всяком случае каждый замкнутый контур на разрезе должен быть обозначен индексом. Толщина линий геологических границ, разломов, форма и размеры индексов, знаков крапов и др., а также цвета слоев на разрезе должны быть такими же, как и на геологической карте. Нижняя граница самого древнего слоя не проводится, а его цвет сводится на нет отмывкой в пределах неполной мощности, указанной в стратиграфической колонке.

Геологические структуры, имеющие собственные названия, рекомендуется надписывать. Географические ориентиры (реки, озера, вершины гор), через которые проходит линия разреза, отмечаются над гипсометрической линией и сопровождаются их названиями.

Над разрезом дается заголовок «Разрез по линии A_1-A_2 », под разрезом указываются горизонтальный и вертикальный масштабы, например «Масштаб горизонтальный и вертикальный 1:200000».

7.3 Последовательные стадии построения геологического разреза

1. На геологической карте по выбранному направлению наносится линия разреза необходимой длины, в конечных точках и точках излома (если линия разреза ломаная) которой проставляются обозначения наименования линии разреза (буквы и цифры). Если линия разреза располагается внутри листа карты и не пересекает рамки, то ее ограничивают короткими штрихами, перпендикулярными линии разреза.

На геологической карте разрезы составляются по прямым линиям в направлениях, которые позволяют наиболее полно отобразить геологическое

строение исследуемой территории. Как правило, они пересекают геологическую карту от рамки до рамки (рисунок 7.3).

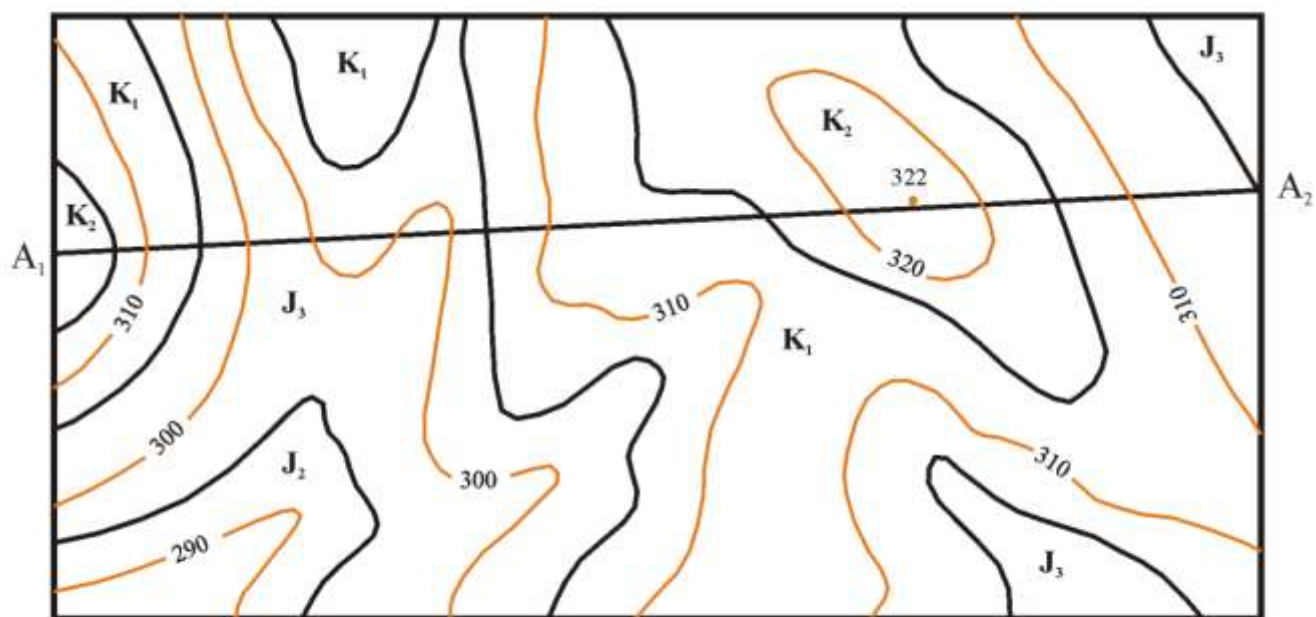
2. Перед построением разреза необходимо выбрать горизонтальный и вертикальный масштабы будущего разреза, которые обычно соответствуют масштабу карты. Для разрезов с горизонтальным и слабонаклонным залеганием слоев возможно увеличение вертикального масштаба, о чем будет рассказано далее. При складчатом и круто наклонном залегании пород изменение вертикального масштаба по сравнению с горизонтальным не допускается.

3. Выбор масштаба позволяет оценить размеры будущего разреза и подготовить лист миллиметровой бумаги соответствующего размера, сделать на нем предварительную разметку, нанести шкалу вертикального масштаба.

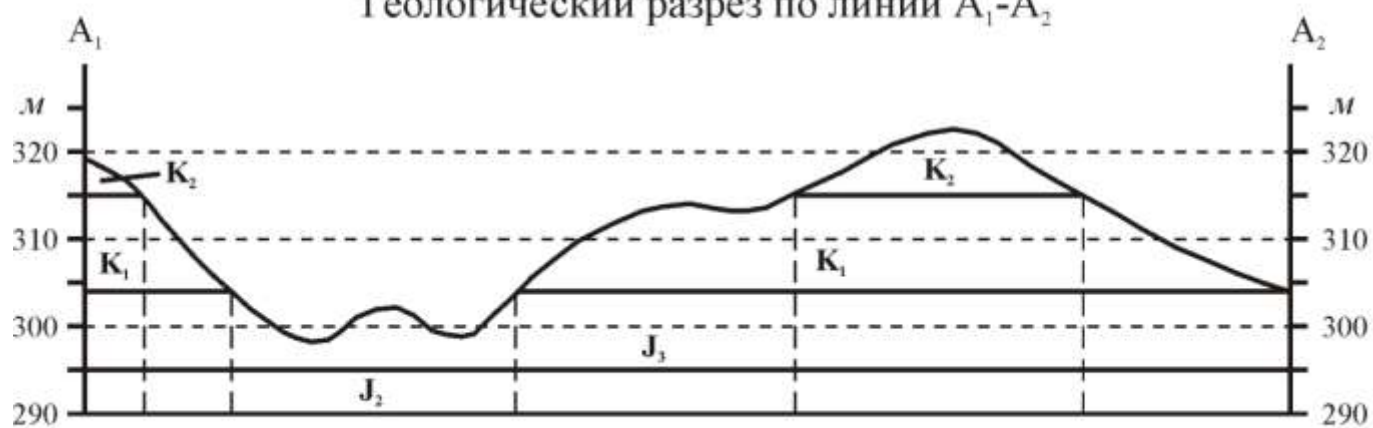
4. Построение геологического разреза следует начинать с построения топографического (гипсометрического) профиля, горизонтальный и вертикальный масштабы которого должны соответствовать выбранному масштабу разреза.

Разрез удобнее вначале сделать на миллиметровке, а уже затем перенести на ватман. Подготовленная для построения разреза миллиметровка сгибается по длине так, чтобы меньшая часть была не более 20 мм шириной. На этой полоске обозначают начало и конец разреза, а на широкой части бумаги, где и будет строиться разрез, проводят шкалы высот и нулевую линию, если позволяет вертикальный диапазон разреза. Положение шкал высот выбирается так, чтобы на широкой части бумаги поместился весь разрез. Подготовив таким образом бумагу, ее узкой полосой прикладывают к линии разреза на геологической карте, следя за ориентировкой разреза. Буквы, нанесенные на миллиметровку, должны совпадать с буквами на концах разреза на геологической карте. Затем разными знаками (сплошной линией, пунктирной, точками и т. д.) с карты на узкую полосу миллиметровки переносят места пересечения линии разреза: с горизонталями, указав их цифровые обозначения; геологическими границами с индексами возраста геологических тел между ними; осями складок (обычно их отмечают удлинненными линиями, антиклинали — сплошными, синклинали — пунктиром); разрывными

нарушениями. При необходимости здесь же указывают углы наклона слоев, элементы залегания разломов и др. После этого миллиметровка разворачивается в первоначальное положение, и можно приступать к построению разреза.



Геологический разрез по линии A₁-A₂



Масштабы: горизонтальный 1:25000
вертикальный 1:1000

Рисунок 7.3 – Разрез участка с горизонтальным залеганием слоев

Построение разреза начинают с рельефа. Для этого отметки горизонталей с узкой полосы миллиметровки вертикальными линиями переносят на широкую полосу. В местах пересечения этих линий с горизонтальными, имеющими такие же абсолютные отметки на шкале высот, что и горизонтали, ставят точки (рисунок 7.3).

Соединив эти точки плавной линией, получают гипсометрический профиль местности. После этого с узкой полоски вертикальными линиями сносятся на гипсометрический профиль геологические границы и прочие отметки.

5. Построив топографический профиль, необходимо аккуратно нанести на него буровые скважины и горные выработки, расположенные на линии разреза и вблизи него, а затем точки пресечения линии разреза с геологическими границами и разрывными нарушениями, изображенными на карте.

6. Следующим шагом на разрезе отстраиваются разрывные нарушения (показывается положение сместителей на плоскости разреза), а затем границы тел интрузивных горных пород.

7. Последними на разрезе отображаются слоистые образования. Задача, которую при этом приходится решать, в значительной степени сводится к соединению между собой точек выходов на поверхность одновозрастных границ слоев, при соблюдении углов наклона слоев и выдержанности мощностей слоев. Углы наклона контролируются по карте, мощности – по стратиграфической колонке. Приемы построения разрезов с горизонтальным, наклонным и складчатым залеганием слоев имеют свои особенности, о которых будет рассказано ниже.

8. После того как построение разреза будет завершено, следует еще раз внимательно просмотреть весь разрез и при необходимости внести в него коррективы.

9. Затем разрез раскрашивается, по необходимости наносится крап; проставляются индексы геологических подразделений, которые должны строго соответствовать индексам карты.

10. В последнюю очередь выполняется «зарамочное» оформление разреза, при необходимости составляются условные обозначения. При построении разреза особое внимание нужно уделять построению гипсометрического профиля, выносу на него геологических границ и разрывов, правильному откладыванию углов наклона слоев и разрывных нарушений, выдержанности мощностей слоев, правильности отображения стратиграфической последовательности слоев.

7.4 Задания для выполнения практической работы №7

Задание 1. Составить геологическую карту.

Задание 2. Построить геологический разрез.

Задание 3. Составить стратиграфическую колонку и условные обозначения.

Методические указания

Для выполнения практической работы студентам предоставляется топографическая карта масштаба 1: 10000 (рисунок 7.4) и к ней исходные данные, которые включают гипсометрические уровни залегания кровли и подошвы пластов, их возраст и литологический состав (таблица 7.1).

Таблица 7.1 – Основные параметры горизонтально залегающих пород

Возраст (система)	Гипсометрический уровень в м		Литологический состав
	Подошвы пласта	Кровли пласта	
T	680	Выше 680	Мергели
P	550	680	Глины
C ₁	470	550	Алевриты
D ₃	350	470	Доломиты
O	250	350	Песчаники
Є	Ниже 250	250	Известняки

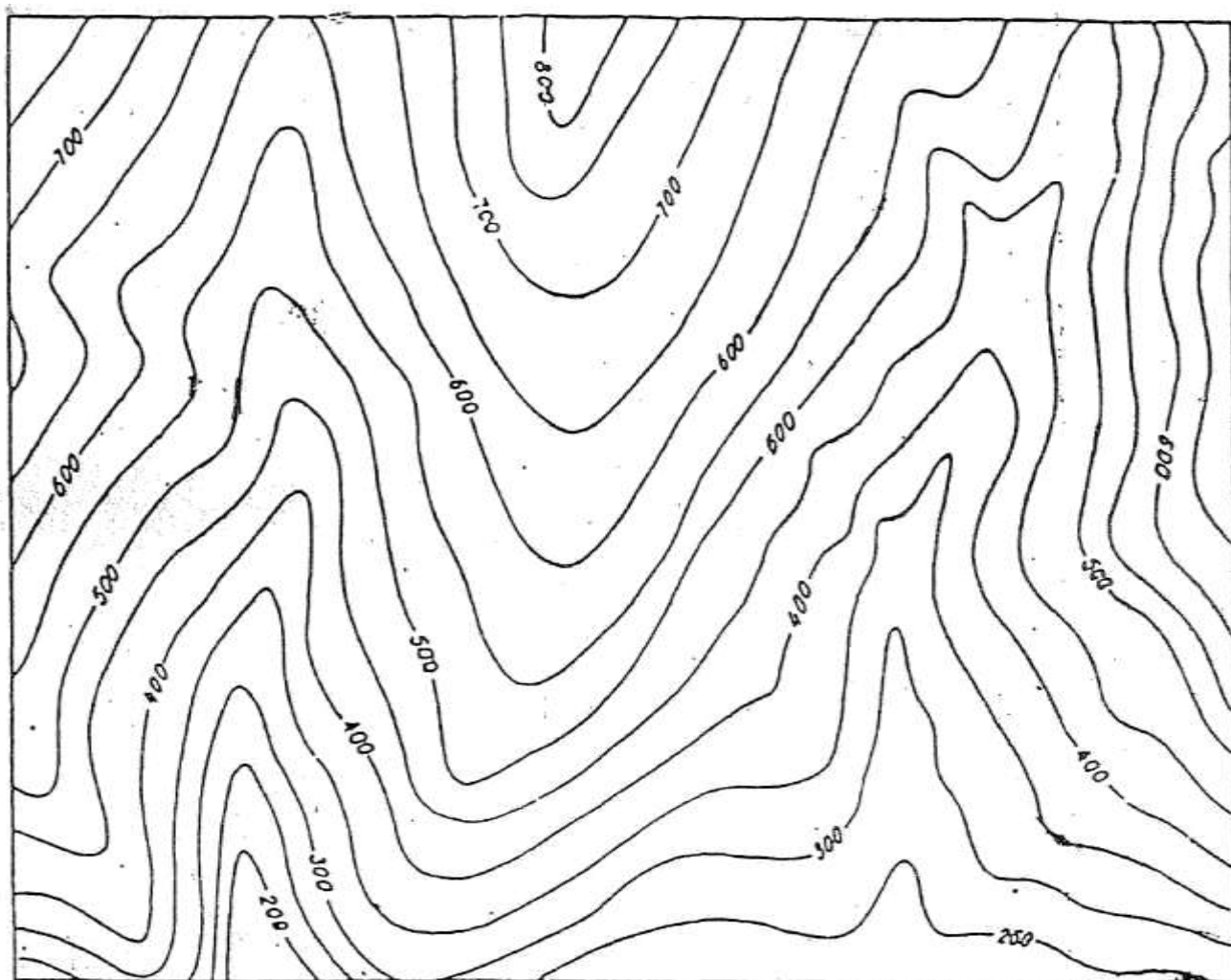


Рисунок 7.4 – Топографическая карта

Построение геологической карты, производится, по исходным данным, которые включают гипсометрические уровни залегания кровли и подошвы пластов (таблица 7.1). Аккуратно, параллельно горизонталям, проводим границы слоев разного возраста, между которыми ставятся соответствующие возрастные индексы. Затем наносится, отвечающий легенде, крап, который закрашивается цветом системы, отвечающей данному стратиграфическому подразделению.

Для построения геологического разреза, следует вычертить его топографическую основу, т.е. топографический профиль. Для этого под картой (или на листе бумаги) прочерчивается линия такой же длины, как и линия разреза на карте. Эта линия называется условной нулевой линией профиля. На условной нулевой линии откладываются точки пересечения линии разреза с горизонталями на карте. Под точками указываются их высотные отметки. Затем с одного или с обоих концов

условной нулевой линии строят (и надписывают) вертикальный линейный масштаб, равный горизонтальному. Деления вертикального линейного масштаба принимают такими, чтобы они соответствовали высоте сечения рельефа на карте. По системе прямоугольных координат находят точки поверхности земли в местах пересечения горизонталей разрезом, соединив которые плавной кривой получают линию топографического профиля.

На топографическую основу разреза наносят геологические данные. Для этого измеряют ширину выхода каждого пласта по линии разреза на карте и отрезки откладывают от нулевой линии. Ещё проще, перегнув лист бумаги по условной нулевой линии, приложить его к линии разреза на карте и перенести нужные точки. Полученные точки с нулевой линии проектируют на линию топографического профиля и уже от этих последних проводят границы пластов в вертикальной плоскости (пример построения геологического разреза приведен на рисунке 7.3).

Затем, пользуясь методикой построения изложенной в практической работе №6, составляем стратиграфическую колонку и условные обозначения, к учебной геологической карте.

7.5 Контрольные вопросы

1. Что такое горизонтальное залегание пород.
2. Особенности построения геологической карты при горизонтальном залегании отложений.
3. Как определяется мощность горизонтально залегающих слоев.
4. Какие полезные ископаемые наиболее характерны для горизонтально лежащих пород.
5. В каких условиях формируются горизонтально залегающие породы.
6. Методика построения геологического разреза при горизонтальном залегании отложений.

8 Практическая работа №8. Геоморфологические карты, построение геолого-геоморфологического профиля

Геоморфологические карты в общей классификации карт рассматриваются как специальные. Объектом изображения на них является рельеф земной поверхности во всем разнообразии своего происхождения.

Геоморфологическая карта является главным и незаменимым средством познания земной поверхности и в научных, и в практических целях. На геоморфологической карте отображаются главные характеристики рельефа: морфология, включающая морфографию и морфометрию, генезис, возраст и характер различных геоморфологических процессов. Эти характеристики составляют основу для построения легенд различных геоморфологических карт.

8.1 Классификация геоморфологических карт

В общей картографической классификации геоморфологические карты рассматриваются как специальные, или тематические [9]. В свою очередь, они различаются по содержанию, назначению и масштабу.

По содержанию карты классифицируют, прежде всего, в зависимости от степени охвата различных геоморфологических показателей. С этой точки зрения геоморфологические карты разделяются на частные и общие.

Общие геоморфологические карты дают характеристику рельефа по совокупности показателей, из которых важнейшими являются: морфология (морфография и морфометрия), генезиса и возраст рельефа.

Частные геоморфологические карты составляются на основе частных показателей (характеристик), относящихся только к морфографии, морфометрии, происхождению, возрасту рельефа, его современной динамике. В соответствии с этим могут быть частные карты: морфографические, морфометрические, структурно-геоморфологические, морфоскульптурные, морфохронологические, морфодинамические. Каждая из названных категорий частных карт, в свою очередь,

может делиться на более дробные разновидности. Например, морфометрические карты – на карты: углов наклона земной поверхности, глубины, густоты расчленения рельефа; морфоскульптурные – на карты: флювиального, ледникового, карстового рельефа.

По степени обобщения показателей, выбранных для картографирования, различают карты аналитические, синтетические и комплексные.

Аналитические или элементарные карты составляются на основе необобщенных или малообобщенных частных показателей, таких, как угол наклона земной поверхности, глубина расчленения рельефа, его (обусловленность отдельными экзогенными или эндогенными факторами и пр. Аналитическими же следует называть геоморфологические карты, на которых рельеф изображается как совокупность его элементов или граней (склонов, поверхностей), участвующих в формировании геоморфологических систем.

Синтетические карты характеризуют данное явление в обобщенных показателях, синтезирующих ряд его частных особенностей. Особого внимания заслуживают синтетические системные показатели, которые полнее охватывают данное явление и позволяют передать его более экономными средствами. Объектами изображения на синтетических геоморфологических картах служат естественные геоморфологические комплексы (геоморфологические системы), группировки форм, или типы рельефа, геоморфологические районы

На комплексных картах изображается несколько разнородных объектов, каждый в своих показателях[9]. При этом отбирают объекты, которые находятся во взаимной связи, обуславливая друг друга. К комплексным относятся и такие карты, на которых изображаемые объекты (формы рельефа, морфологические группировки) характеризуются по комплексу взаимосвязанных частных показателей.

В зависимости от степени обобщения показателей, участвующих в комплексе, можно различать комплексные аналитические, комплексные синтетические и комплексные аналитико-синтетические карты. Все эти способы комплексирования весьма широко применяются при создании общих геоморфологических карт.

В зависимости от того, для какого отрезка времени характеризуется рельеф, можно различать: а) карты современных, т.е. сложившихся к настоящему времени, геоморфологических условий; б) карты палеогеоморфологические с отображением пройденных этапов развития рельефа и в) геоморфологические карты прогноза, на которых дается прогноз развития рельефа в будущем. Карты существующих геоморфологических условий целесообразно дополнять картами интенсивности современного развития рельефа. По назначению геоморфологические карты могут быть подразделены на карты широкого и специального назначения. Карты широкого назначения рассчитаны на удовлетворение общих потребностей, предъявляемых к ним со стороны различных отраслей науки и народного хозяйства. На их основе могут проводиться любые геоморфологические работы, а также составляться карты специального назначения путем нанесения дополнительных показателей, выделения или исключения некоторых элементов нагрузки.

Специальные карты могут преследовать научно-исследовательские, народно-хозяйственные, учебные и другие цели. В зависимости от этого определяется их содержание и оформление. В частности, на картах для народного хозяйства отбираются и выделяются те геоморфологические объекты и их показатели, которые нужно учесть при решении конкретных хозяйственных задач (поиски полезных ископаемых, сельскохозяйственная организация территории, проектирование инженерных сооружений).

8.1.1 Масштаб геоморфологических карт

По масштабу в современной картографии принято различать карты: крупного масштаба – 1 : 200 000 и крупнее, среднего масштаба – мельче 1 : 200 000 включительно до 1 : 1 000 000 и мелкого масштаба – мельче 1 : 1 000 000. Особо выделяются обзорные карты масштаба 1 : 5 000 000 и мельче. Масштаб определяет охват изображаемой территории, детальность карты, области ее применения, а также методы создания (составление или съемка).

Мелкомасштабные карты – обзорные, охватывающие большую территорию. Строение рельефа передается на них обобщенно с выделением основных геоморфологических комплексов (ландшафтов), крупных геоморфологических регионов. Такие карты являются результатом широких научных обобщений и представляют большой теоретический интерес. В сочетании с другими специальными картами они могут быть полезны при решении народнохозяйственных) проблем, связанных с планированием и осуществлением мероприятий по использованию природных ресурсов страны в целом. Карты мелкого масштаба часто используют как учебные пособия.

Карты среднего и крупного масштаба отвечают мелкому, среднему и крупному масштабам полевой геоморфологической съемки. Мелкомасштабные съемочные карты (1 : 1 000 000 – 1 : 500 000) создаются в совершенно или почти не изученных местах с целью выяснения общих черт их геоморфологического строения и развития с выделением крупных геоморфологических регионов. Они необходимы для предварительной оценки условий осуществления тех или иных хозяйственных мероприятий, выделения площадей, наиболее перспективных в отношении поисков полезных ископаемых, для постановки более детальных исследований. В мелких масштабах выполняются сводные геоморфолого-составительские работы на основании материалов съемок более крупных масштабов.

Среднемасштабные съемочные карты (1 : 200 000 – 1 : 100 000) создаются с целью изучения элементов, форм рельефа и их комплексов с дробным геоморфологическим районированием территории, выяснением истории развития рельефа и рыхлых отложений. Карты используют для оценки условий хозяйственной организации территории, того или иного вида строительства, перспектив, поисков полезных ископаемых, связанных с формированием рельефа.

Крупномасштабные съемочные карты (1 : 50 000 – 1 : 25 000) – детальные с изображением всех форм и элементов мезо- и микрорельефа, рыхлого покрова, современных рельефообразующих процессов с наиболее дробным геоморфологическим районированием (микрорайонированием). Они носят, как

правило, специализированный характер, например, для проведения поисков определенных видов полезных ископаемых.

Еще более специальный уклон имеют карты масштабов: 1 : 100 000 и 1:5000, создаваемые для весьма ограниченных, площадей с целью решения строго конкретных вопросов народнохозяйственного значения (поисково-разведочные работы, оценки строительных площадок, створов плотин и пр.) с соответствующим весьма детальным изображением элементов рельефа, современных геоморфологических процессов, с прогнозом развития рельефа.

На основе съемочных карт могут быть составлены геоморфологические карты более мелкого масштаба.

8.2 Составление геоморфологических карт

При составлении карты сначала проводятся линии всех бровок, подножий, гребней и других перегибов (ребер) рельефа, выделяются структурные точки рельефа.

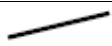



Неровности земной поверхности слагаются из повторяющихся и чередующихся между собой повышений и понижений, создающих формы рельефа: каждая форма представляет геометрическую фигуру, ограниченную сверху и с боков поверхностями различного внешнего вида к протяженности. Они навиваются элементами рельефа. К ним относятся вершины, склоны, плоские поверхности, гребни, седловины, линии водоразделов и тальвегов[7].

Формы рельефа подразделяются на положительные (выпуклые), отрицательные (вогнутые). Примером положительных форм рельефа могут служить – *бровки* и *водоразделы*, отрицательные перегибы – *тальвеги* и *подошвы*. Структурные линии рельефа наносятся специальными линейными условными знаками (таблица 8.1).

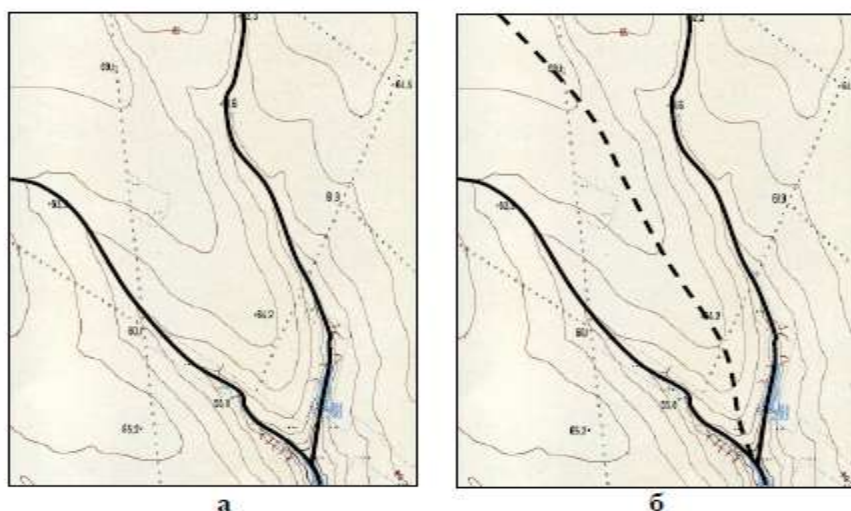
В первую очередь на карту наносятся *тальвеги* – линии, соединяющие самые низкие точки на дне долины. Для этого на карту наносятся все реки и проточные

озера, в том числе и пересыхающие, а также тальвеги оврагов, балок и других долин временных водотоков.

Таблица 8.1 – Структурные линии рельефа

Наименование	Положение в рельефе	Условные обозначения
Тальвег	Линия, соединяющая самые низкие точки надне долины	
Водораздел	Линия, разделяющая противоположно направленные склоны	
Бровка	Положительный перегиб, разделяющий однонаправленные склоны или склон с горизонтальной поверхностью	
Тыловой шов	Отрицательный перегиб, разделяющий однонаправленные склоны или склон с горизонтальной поверхностью	

Положение тальвегов постоянных водотоков (ручьев, рек) совпадает с центральной линией русла. Тальвеги временных водотоков (оврагов, балок, ложбин) определяется по вогнутым перегибам горизонталей. Линии, пересекающие горизонтали в точках наибольшего перегиба, будут являться тальвегами временных водотоков (рисунок 8.1).



а) линии тальвегов; б) линии водораздела.

Рисунок 8.1- Построение линий тальвегов и водораздела

Построение линий водоразделов(рисунок 8.1). После нанесения на карту всех тальвегов, выделяют линии *водоразделов*. Водоразделы – это линии, разделяющие различно направленные склоны, с которых вода стекает в разные тальвеги. Сначала вычерчиваются основные водораздельные линии, разделяющие бассейны крупных рек, затем отходящие от них водораздельные линии, отделяющие бассейны крупных притоков, вплоть до бассейнов мелких притоков.

Определение положения любой водораздельной линии сходит из основного принципа, что вода всегда течет от водораздельной линии к тальвегу по самому крутому уклону, т.е. по направлению наименьших заложений (расстояний между горизонталями), перпендикулярно горизонталям. Водораздельные линии разграничивают сток воды в соседние долины.

Водораздельные линии проводят по оси положительного перегиба горизонталей. На карте вычерчивают водораздельные линии между всеми горизонталями, используя для этого их выпуклые изгибы. Линии водоразделов получаются извилистые и строго следуют по оси выпуклых участков горизонталей.

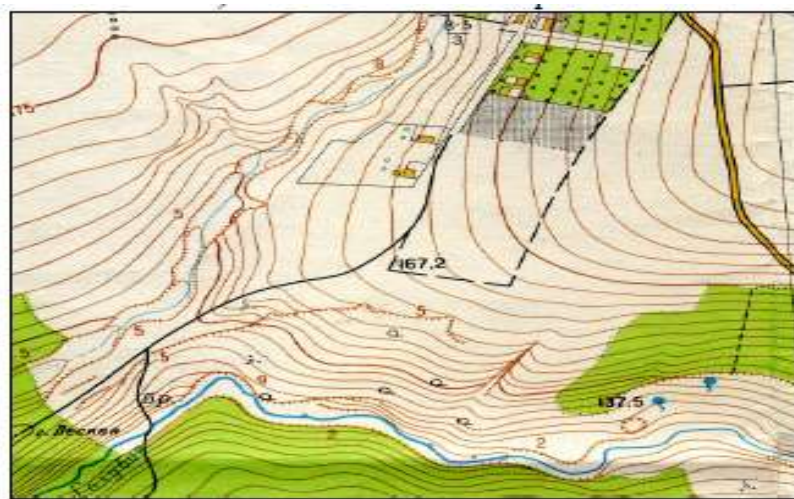


Рисунок 8.2 – Изображение бровок на топографических картах

Построение линий *бровок*. Бровки – это положительные перегибы, разделяющие однонаправленные склоны или склон с горизонтальной поверхностью. Бровки представляют собой линии, по которым происходит изменение угла наклона

выпуклого склона, но не изменяется его экспозиция. Бровки могут быть резкими (уступы) или сглаженными, плавными. Положение хорошо выраженных бровок(уступов) легко читается по топографическим картам. Они обозначаются на них специальными условными знаками: это знаки обрывов и скалистых обрывов. Рядом со специальными знаками может находиться цифра, обозначающая высоту обрыва (рисунок 8.2).

Построение *линий подошв (подножий)*. Подошвы – это отрицательные (вогнутые) перегибы в рельефе, которые разделяют однонаправленные склоны или склон с горизонтальной поверхностью. Подошвы представляют собой линии, по которым происходит изменение крутизны вогнутого склона, но не изменяется его экспозиция.

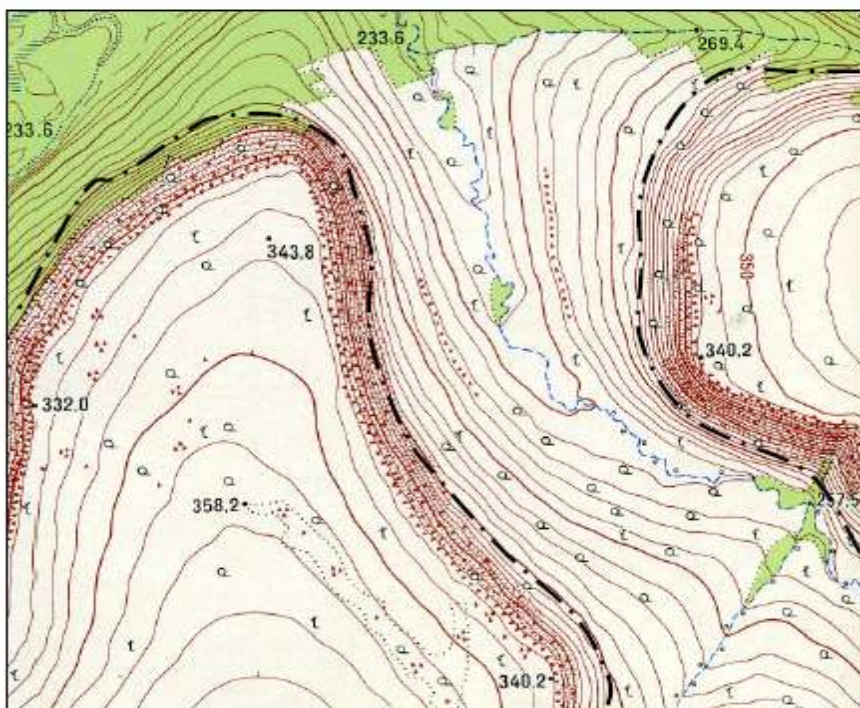


Рисунок 8.3 - Построение линии подошвы по топографической карте

Положение линии подножья определяется аналогично линиям сглаженных бровок по изменению сгущения горизонталей в нижней части склона (рисунок 8.3), либо по аэрофотоснимкам.

8.2.1 Структурные точки рельефа

Структурные точки могут быть расположены на пересечении ребер рельефа, а могут занимать положение внутри граней. Сначала обозначаются специальными условными знаками структурные точки, расположенные на пересечении ребер рельефа (узел, перевал, устье), а затем остальные (вершина, мыс, впадина). Специальными знаками следует обозначить тип структурной точки (таблица 8.2) и ее абсолютную высоту.

Таблица 8.2- Структурные точки рельефа

Наименование	Положение в рельефе	Условные обозначения
Вершина	Точка, занимающая самое высокое положение внутри поверхности	•
Впадина	Точка, занимающая самое низкое положение внутри поверхности	◦
Перевал	На пересечении водораздела и двух тальвегов противоположных склонов	×
Узел	На пересечении двух или более водораздельных линий	*
Устье	На пересечении двух тальвегов разных порядков	△
Мыс	В точке максимального выпуклого изгиба бровки	∧

Линии и точки каркаса геоморфологической карты окаймляют поверхности, различно расположенные в пространстве и имеющие разные формы. Эти поверхности и есть выделенные нами генетически однородные поверхности.

8.2.2 Определение генетических категорий рельефа

При генетическом изучении рельефа ставится задача выявить не только внешние его черты, но и происхождение (генезис), возраст, историю формирования. Происхождение фиксируется основными процессами, которыми он был создан: работой рек, ветра, ледника и т.д. Сочетание форм различного генезиса образует генетический тип рельефа.

Первым этапом определения происхождения генетически однородных поверхностей является деление их на *денудационные* (выработанные) и *аккумулятивные*[8].

Денудационные поверхности обозначаются в таблице буквой *d*, аккумулятивные буквой *a*. Денудационные поверхности образованы процессами переработки исходной поверхности вследствие сноса некоторой толщи горных пород и уничтожения прежней поверхности. Аккумулятивные поверхности образованы накоплением продуктов разрушения (осадочных горных пород), а также продуктов вулканических извержений; и захоронением прежней поверхности. Для определения денудационного либо аккумулятивного происхождения поверхности, устанавливают по геологической карте, выработана ли поверхность в древних породах или образована при накоплении рыхлого материала.

Если на карте обнаруживаются уступы, разрывы и другие линейные структуры, они также отображаются в таблице.

Затем устанавливается ведущий процесс рельефообразования, то есть тот геоморфологический процесс, которым поверхность вновь создана (делювиальный, ледниковый, вулканический, флювиальный и т.д.). Для этого внимательно изучают топографическую и геологическую карты, объяснительную записку к геологической карте, описания истории развития рельефа и геоморфологического строения территории, а также другие картографические и литературные источники. Генезис рельефа может быть установлен исключительно с применением полевых исследований, вовремя которых обращают внимание на следы процессов, формировавших поверхность. Изучают состав и структуру отложений, внешний

облик поверхностей, их взаимное расположение. При камеральном картографировании используют источники предыдущих полевых геоморфологических исследований.

Генезис поверхностей обозначается в таблице индексом в соответствии с приведенной ниже системой обозначения генетических категорий рельефа (таблица 8.3).

Таблица 8.3 – Система обозначений различных генетических категорий рельефа [8]

Генетические категории рельефа		Индекс
Эндогенный	Тектонический	t
	Вулканический	v
	Псевдовулканический	pv
	Структурно-денудационный	st-d
Экзогенный	Гравитационный	gr
	Делювиальный	d
	Флювиальный	f
	Карстовый и суффозионный	k + s
	Мерзлотный	kr
	Ледниковый и снежниковый	gl + n
	Водноледниковый	fgl
	Эоловый	e
	Биогенный	bg
	Озерного происхождения	l
	Морского происхождения	m
Антропогенный		ant

В ряде случаев установить возраст рельефа можно, используя геологические карты и карты четвертичных отложений. Это относится к аккумулятивному рельефу. Как правило, возраст аккумулятивного рельефа совпадает с возрастом слагающих его геологических отложений (вулканический конус, аккумулятивная терраса, пролювиальная равнина и др.). В этом случае возраст геологических отложений можно считать равным возрасту рельефа, ими образованного.

Возраст денудационных поверхностей не совпадает с возрастом отложений, в которых он формируется – он всегда моложе, поскольку образуется в результате разрушения более древних поверхностей водой, льдом, ветром и др. Возраст денудационного рельефа можно определить по возрасту так называемых коррелятивных отложений.

Коррелятивные отложения – это те геологические отложения, которые формировались одновременно с денудационным рельефом и образуют с ним генетическое единство. Например, формирование оврага происходит одновременно с образованием в его устье конуса выноса. Отложения конуса выноса в этом случае являются коррелятивными по отношению к оврагу. Следовательно, определив возраст отложений конуса выноса, можно сделать вывод о возрасте самого оврага. Возраст рельефа обозначается в таблице в соответствующей колонке буквенным индексом, соответствующем геологической эпохе его формирования.

8.2.3 Составление легенды геоморфологических карт

После того как составлена характеристика для всех генетически однородных поверхностей, можно приступить к составлению легенды геоморфологической карты.

Легенда оформляется в виде таблицы (рисунок 8.3). При составлении легенды необходимо соблюдать следующие требования[6]:

1. Легенда должна быть составлена логично, сначала в ней указываются денудационные склоны и поверхности различного происхождения, затем – аккумулятивные.

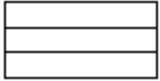
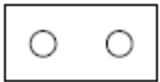
Условный знак	Генетически однородные поверхности	Возраст	Максимум абс. высоты, м	Преобладающие высоты, м
<i>Денудационные</i>				
	Делювиальный пологий слаборасчлененный склон, сложенный серыми суглинками и супесями	Q ₄	268	260–265
<i>Аккумулятивные</i>				
	Флювиогляциальная холмисто-рядовая поверхность, сложенная галечниками и песками	Q ₃	580	550–570

Рисунок 8.4 – Пример составления легенды геоморфологической карты

2. Все условные знаки, содержащиеся в поле карты, должны быть отображены в легенде (включая элементы каркаса).

3. Сначала в легенде указываются основные условные знаки (площадные), а затем – дополнительные (линейные, точечные).

Легенда профиля должна состоять из трех частей: стратиграфической, литологической и геоморфологической.

Стратиграфическая часть легенды переносится на профиль с описаний буровых скважин. Если скважины, по данным которых составлен профиль, вскрывают горизонты, не выходящие на дневную поверхность и отсутствующие по этой причине на карте и в ее легенде, то легенду профиля следует дополнить этими горизонтами. При этом следует помнить, что все стратиграфические подразделения должны располагаться в легенде в порядке их возраста: древние снизу, а молодые вверху. При расположении условных знаков в два-три столбца каждый правый

столбец должен включать более древние стратиграфические единицы. Слева от условного знака проставляется индекс, а справа раскрывается его содержание.

Литологическая часть легенды должна состоять из штриховых условных обозначений и пояснений к ним. Располагать условные знаки в этой части легенды следует в зависимости от степени литологического состава горных пород.

Геоморфологическая часть легенды должна раскрывать этапы развития рельефа с помощью линий разного типа (сплошных, пунктирных, точечных) или цвета. Справа от этих условных обозначений указывают возраст рельефа, которому они отвечают. Естественно, что условные знаки следует расположить в легенде в порядке возраста рельефа, наподобие того, как это делалось в стратиграфической части легенды.

8.3 Методика построения геолого-геоморфологического профиля

Геолого-геоморфологический профиль имеет немало общих черт с профилем геологическим, но, вместе с тем, обладает и спецификой. Это проявляется в соотношении горизонтального и вертикального масштабов. На геологических профилях они обычно одинаковые, что позволяет непосредственно по профилю определять углы падения пластов и тектонических нарушений. Геолого-геоморфологические профили создают более наглядную картину облика рельефа и его соотношения с геологическим строением. Поэтому на геолого-геоморфологических профилях принято увеличивать вертикальный масштаб, по сравнению с горизонтальным, в 3–5 раз для горных территорий и в 5–10 раз – для равнинных. Еще одно отличие геолого-геоморфологического профиля – подробная характеристика форм и элементов рельефа (или комплексов рельефа на мелкомасштабных профилях). На геолого-геоморфологическом профиле подписываются составляющие рельефа, по возможности приводятся сведения об их возрасте, генезисе, современных экзогенных процессах.

В связи с этим линии геолого-геоморфологических разрезов выбирают с таким расчетом, чтобы составленные по ним профили отражали все особенности, как

рельефа, так и геологического строения изучаемой территории. Обычно такие линии проводят вкрест речных долин и через наиболее характерные и разнообразные типы и формы рельефа.

Работу над разрезом начинают с выбора масштабов в зависимости от масштаба карты и морфометрических определений форм рельефа. Горизонтальный масштаб берется, как и на карте, или увеличивается с таким расчетом, чтобы длина разреза не превышала 40 - 50 см. Вертикальный же масштаб обычно в несколько раз превышает горизонтальный для большей выразительности изображения рельефа. При выборе вертикального масштаба руководствуются амплитудой колебаний относительных высот форм рельефа на линии разреза. На разрезах через равнинные области этот масштаб обычно превышает горизонтальный до 5 - 10 раз, для горных областей профиль строится при соотношении масштабов 1:1 или допускается небольшое искажение в 2 - 3 раза.

После выбора вертикального масштаба в месте, отведенном для профиля, проводят две перпендикулярных друг другу линии – ось ординат и ось абсцисс[10].

На оси ординат делают сантиметровые отметки, слева от которых подписывают абсолютные высоты, в принятом вертикальном масштабе, начиная с отметки, лежащей несколько ниже забоя самой глубокой скважины, и заканчивая отметкой, лежащей несколько выше самой высокой точки на линии профиля. Например, если забой самой глубокой скважины лежит на высоте 112,3 м над уровнем моря, а самая высокая горизонталь на линии профиля имеет отметку 160 м, то абсолютные высоты следует подписывать, начиная с отметки 100 или 110 и закончить на отметке 165 или 170 м. Над осью ординат, которую можно именовать шкалой высот, делается надпись, указывающая, какая здесь отложена величина и в каких единицах.

На оси абсцисс, которую называют основанием профиля, откладываются расстояния между горизонталями. Лучше всего отмечать их несколько отступя от шкалы высот, чтобы профиль к ней непосредственно не примыкал.

Расстояния между горизонталями измеряются на карте циркулем-измерителем или линейкой, полоской миллиметровой бумаги, а затем откладываются на

основании профиля в принятом горизонтальном масштабе. Местоположение каждой горизонтали отмечается черточкой, около которой проставляется соответствующая данной горизонтали абсолютная отметка.

Кроме горизонталей на основание профиля переносят обрывы, с указанием абсолютной отметки их бровки и подошвы, а также береговые линии морей, озер, прудов и рек, с указанием абсолютной отметки уреза воды и глубины до дна водоема, если эти сведения имеются на карте. Одновременно переносят границы всех стратиграфических подразделений геологической карты и местоположения имеющих на профиле скважин с указанием абсолютной отметки их устья и забоя. Эти сведения понадобятся в дальнейшем при нанесении на профиль геологического строения.

Все эти данные наносят на основание профиля какими-либо условными знаками простого рисунка. Например, обрывы отмечают зубчатой линией, берега водоемов – извилистой чертой, границы стратиграфических подразделений – жирной линией, скважины – жирными точками. Стратиграфические границы могут совпадать с горизонталями, могут проходить между ними. В последнем случае путем интерполяции следует определить их высоту над уровнем моря и подписать ее против соответствующего значка. Против каждого слоя, выходящего на поверхность земли, следует проставить его геологический индекс, а против скважин их порядковый номер. Все эти обозначения и подписи при построении профиля носят вспомогательный характер, поэтому их следует наносить простым мягким карандашом, чтобы в дальнейшем легко стереть.

Закончив подготовительную работу, следует приступить к построению самого гипсометрического профиля.

Для этого из каждой метки на основании профиля, соответствующей той или иной горизонтали мысленно восстанавливают перпендикуляр до высоты, соответствующей абсолютной высоте горизонтали, и на этом уровне ставят на миллиметровке точку. Полученные таким образом точки соединяются затем плавной кривой линией от руки. Эту работу следует проводить не механически, а с учетом истинного облика рельефа. Для избежания ошибок надо прежде всего четко

представлять себе местоположение отрицательных и положительных форм рельефа на линии профиля, чтобы не перепутать их. В тех случаях, когда подписи горизонталей на карте отсутствуют, следует обращать внимание на указатели склонов (берг - штрихи), или на различные дополнительные признаки (реки, озера, болота), могущие помочь в данном случае. Если две горизонтали и соответствующие им точки профиля находятся на одном уровне, а в обе стороны от них идет понижение, то эти точки следует соединить линией выпуклой кверху. Наоборот, если две одноименные горизонтали находятся в понижении (оконтуривая, например, дно балки или котловины), то линия, соединяющая соответствующие им одновысотные точки на профиле, должна быть выпуклой книзу (рисунок 8.5).

Если количество точек, лежащих на одном уровне, больше двух, то в таком случае между ними проводятся кривая линия, попеременно изгибающаяся то вверх, то вниз, причем между первыми одинаковыми точками рисуется понижение, если они расположены у подошвы склона, или повышение, если они лежат на его бровке. Эти повышения и понижения между одновысотными точками должны быть меньше половины сечения горизонталей.

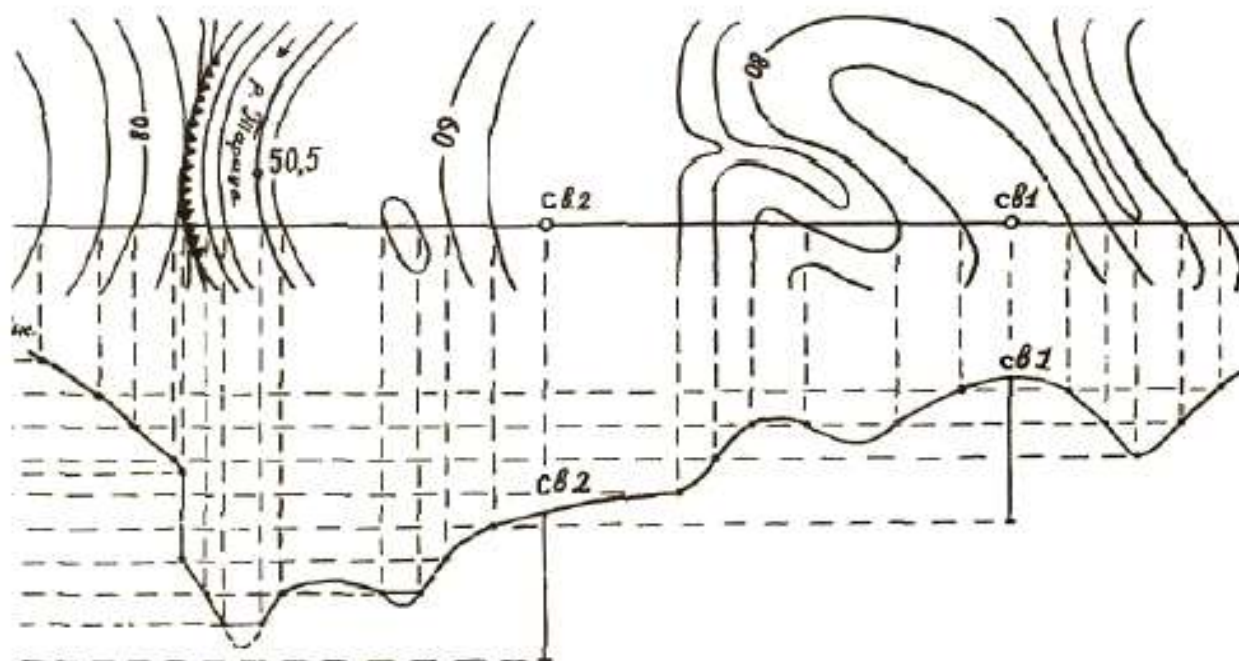


Рисунок 8.5 –Пример построения гипсометрического профиля со скважинами

В местах пересечения линией профиля рек, озер, прудов и морей надо показать уровень воды в этих водоемах в виде прямой горизонтальной линии, лежащей на отметке уреза водоемов. Приблизительно показывается также профиль дна водоемов с учетом данных о их глубине. Обрывы рисуются с помощью вертикальных линий, соединяющих бровку обрыва с его подошвой. Высота бровки обрыва должна соответствовать той горизонтали, которая уходит в обрыв в месте пересечения его линией профиля.

После того как гипсометрический профиль проверен, на него прежде всего следует нанести скважины (рисунок 8.5) и границы пластов, выходящих на дневную поверхность.

Устья скважин должны быть показаны жирными точками, над которыми подписывают порядковые номера скважин. Скважины следует наносить по возможности точнее, используя данные об абсолютной отметке их устья. Границы пластов отмечают черточками, между которыми выше линии профиля подписывают индексы, соответствующие тем или иным слоям.

После этого на профиль наносят данные о внутреннем строении земной коры. Из точек, соответствующих устьям скважин, проводят отвесные прямые линии до отметки забоя скважин, где ставят небольшие горизонтальные черточки, фиксирующие концы скважин. Затем на каждую из этих линий переносят границы слоев. Данные об абсолютных отметках кровли и подошвы каждого слоя берут при этом из описания скважин. Против каждого слоя подписывают соответствующий ему индекс.

После того как эта работа будет закончена для всех скважин, следует провести границы слоев между скважинами, показывая в необходимых случаях наклон пластов, их выклинивание и выходы на поверхность земли.

Начинать эту работу следует с проведения кровли самого древнего слоя, последовательно переходя затем к проведению границ все более и более молодых стратиграфических подразделений. При выполнении этой операции следует руководствоваться возрастом отложений, объединяя в единый слой одновозрастные породы имеющие одинаковые индексы, вскрытые в разных скважинах или

выходящие на дневную поверхность. Надо иметь в виду, что разновозрастные породы могут залегать на разных гипсометрических уровнях, а иногда и прерываться (выклиниваться) в результате последующего размыва.

Если смежная скважина не достигла слоя из-за незначительной глубины или из-за понижения его кровли, что может быть связано с размывом или с изгибом пласта в результате тектонического опускания, то надо найти этот слой в следующей скважине, и протянуть границы туда. Кровлю такого слоя показывают при этом несколько ниже забоя тех скважин, которые его не достигли. Концы (забои) скважин соединять с границами слоев не следует. Они должны свободно заканчиваться в тех или иных слоях, а границы пластов должны проходить или выше или ниже забоев скважин. Исключение может представлять такой редкий случай, когда бурение было прекращено как раз на границе двух слоев. Однако и в таком случае нижележащий слой должен быть пройден хотя бы на несколько сантиметров, что должно быть отражено в описании скважин.

Подошву самого нижнего слоя на профиле не показывают, если в ее положении нет каких-либо косвенных данных. Если расстояния между скважинами значительны, то границы слоев между ними оказываются проведенными в большей мере предположительно. В этих случаях границы между слоями следует рисовать не сплошной линией, а пунктиром, показывая тем самым, что положение их нанесено на профиль недостаточно точно или условно.

Таковы общие правила проведения границ слоев на профилях. В зависимости от конкретных условий геологического строения территории, все разнообразие которых предусмотреть невозможно, границы между слоями могут иметь те или иные частные особенности. Поэтому нужно учитывая возраст слоев, генезис горных пород, историю осадконакопления, связь рельефа земной поверхности со структурой коренных пород и особенностями залегания рыхлых четвертичных отложений.

8.4 Задания для выполнения практической работы № 8

Задание 1. Используя топографическую и геологическую схемы (рисунки 8.6, 8.7), построить геолого-геоморфологический профиль участка. Линия профиля должна быть проведена вкrest простирания основных тектонических структур и форм рельефа. Масштаб: горизонтальной: 1 : 100 000, вертикальный 1 : 25 000.

Задание 2. Составить условные обозначения.

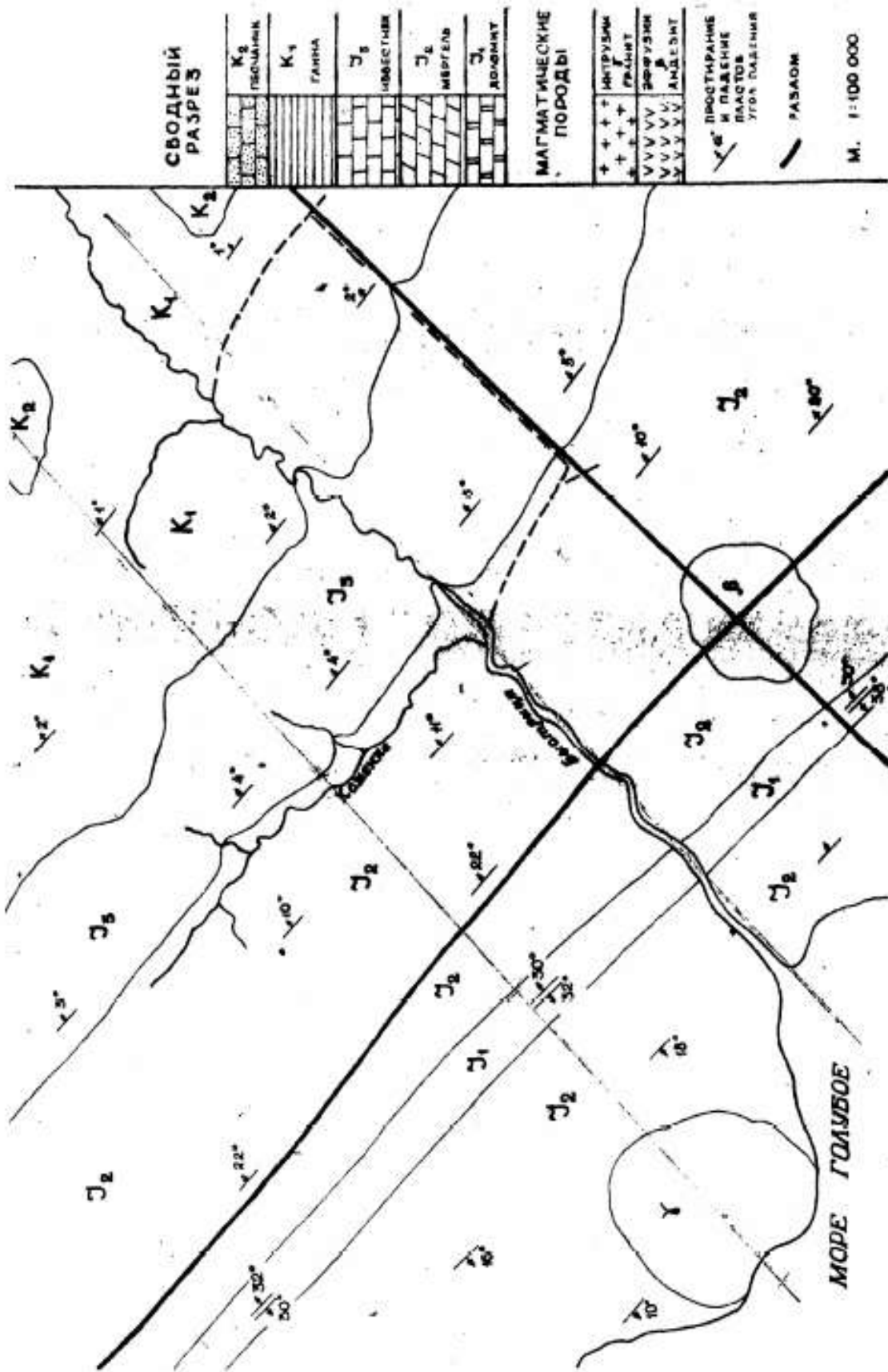


Рисунок 8.7 - Геологическая схема

8.5 Контрольные вопросы

1. Основные принципы составления легенд геоморфологических карт.
2. Содержание геоморфологических карт.
3. Назначение геоморфологических карт.
4. Методика построения геолого-геоморфологического профиля.
5. Система обозначений различных генетических категорий рельефа на геоморфологических картах.

Список использованных источников

Основная литература

1. Соколовский, А.К. Общая геология: пособие к лабораторным занятиям /А. К. Соколовский. - М.: КДУ, 2006. — 208 с.
2. Ганжара, Н.Ф. Геология с основами геоморфологии: учебное пособие/Н.Ф.Ганжара - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2015. - 207 с.
3. Рычагов, Г. И. Геоморфология с основами геологии: учебное пособие/ Рычагов, Г. И – М: Изд-во Моск. ун-та, 2002. – 147 с.

Дополнительная литература

4. Галянина, Н.П. Геология: учебное пособие для студентов, обучающихся по программам высшего профессионального образования по направлению подготовки 022000.62 Экология и природопользование / Н. П. Галянина, А. П. Бутолин, Оренбург: ОГУ, 2015. –158 с.
5. Лощинин, В.П. Структурная геология и геологическое картирование: методическое пособие к лабораторному практикуму по структурной геологии и геологическому картированию /В.П. Лощинин, Н.П. Галянина, Оренбург: ОГУ, 2012. – 90с.
6. Черняхов, В.Б. Геоморфология и четвертичная геология: методические указания /В.Б. Черняхов, О.Н. Калинина, Оренбургский гос. ун-т. - Оренбург: ОГУ, 2012. - 46с.
7. Павловский, А. И. Геоморфология: пособие / А. И. Павловский, Т. А. Мележ; М-во образования РБ, Гом. гос. ун-т им. Ф. Скорины. – Гомель: ГГУ им. Ф. Скорины, 2014. – 36 с.

8. Гриценко, В.А. Геоморфология с основами геологии: методические указания к практическим занятиям / В.А. Гриценко, О.Л. Власенко. – Омск: СибАДИ, 2017.- 34.

9. Осинцева, Н.В. Аналитическое геоморфологическое картографирование: учебное пособие/ Н.В. Осинцева, Томский гос. ун-т. – Томск: ТГУ, 2017.- 25 с.

10. Галкин, А.Н. Геоморфология: методические указания к практическим занятиям / А.Н. Галкин, И.А. Красовская. – Витебск: ВТУ имени П.М. Машерова, 2012. – 51 с.

Приложение А (обязательное)

Шкала геологического времени

Таблица А.1 – Стратиграфическая таблица

Акро-тема	Эратема	Система	Отдел	Длительность млн. лет	Цвет	
1	2	3	4	5	6	
Фанерозойская	Кайнозойская Kz	Четвертичная Q	Голоцен Q ₂	1,64	Бледно-серый	
			Плейстоцен Q ₁			
		Неогеновая N	Плиоцен N ₂	21,7	Желтый	
			Миоцен N ₁			
		Палеогеновая p	Олигоцен p ₃	42	Оранжевый	
			Эоцен p ₂			
			Плиоцен p ₁			
		Мезозойская Mz	Мелова K	Верхний K ₂	80,8	Зеленый
				Нижний K ₁		
	Юрская J		Верхний J ₃	62,2	Синий	
			Средний J ₂ Нижний J ₁			
	Триасовая T		Верхний T ₃	37	Фиолетовый	
			Средний T ₂			
		Нижний T ₁				
	Палеозойская Pz	Позднее палеозойская Pz ₂	Пермский P	Татарский P ₃	45	Оранжево-коричневый
				Биармийский P ₂		
				Приуральский P ₁		
			Каменноугольный C	Верхний C ₃		
Средний C ₂						
Верхний C ₁						

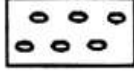
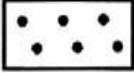


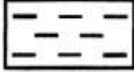


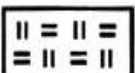
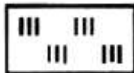
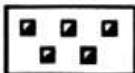
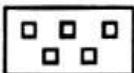
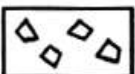

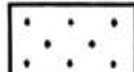


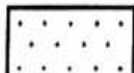
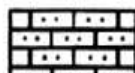
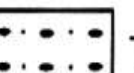
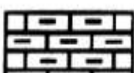

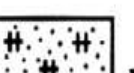

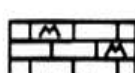

Продолжение таблицы А.1

1	2		3	4	5	6
	Палеозойская Pz		Девонский D	Верхний D ₃	46	Коричневый
				Средний D ₂		
				Нижний D ₁		
		Ранние палеозойская Pz ₁	Силурийский S	Верхний S ₂	30,5	Серо-зеленый
				Нижний S ₁		
			Ордовикский O	Верхний O ₃	71,0	Оливковый
				Средний O ₂		
				Нижний O ₁		
			Кембрийский €	Верхний € ₃	60	Сине-зеленый
		Средний € ₂				
		Нижний € ₁				
		Криптозой			Венд V	40
Поздний рифей R ₃	390					
Средний рифей R ₂	350					
Ранний рифей R ₁	300					
Протерозой PR			Ранний протерозой PR ₁	850		
Архей			Поздний архей AR ₂	650	розовый	
			Ранний архей AR ₁	850		

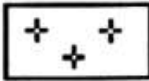
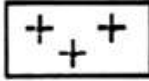
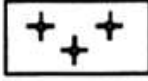
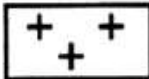
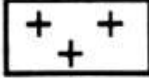
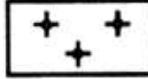
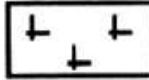
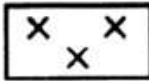
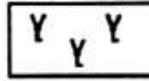
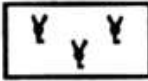
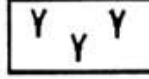

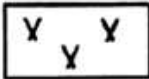
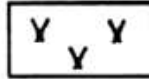
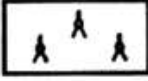
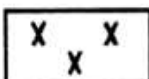
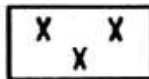
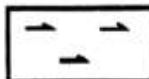
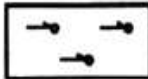
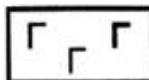
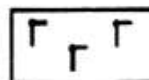
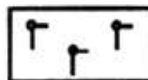

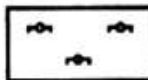


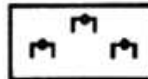

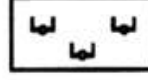
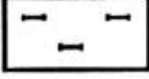
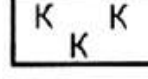

Приложение Б (обязательное)

Обозначения состава и видов пород

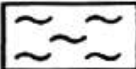




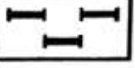




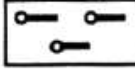
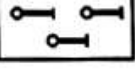
I Осадочные горные породы

	Глыбовые брекчи		Валунные конгломераты		Галечные конгломераты
	Гравийные конгломераты		Песчаники		Алевриты
	Аргиллиты		Известняки		Доломиты
	Бокситы		Трепелы, диатомиты		Опоки, спонголиты
	Радиоляриты, яшмы		Гипсы		Каменная соль
	Ангидриты		Калийно-магнизиальные соли		Каменный уголь, бурый уголь, горючие сланцы
	Крупнозернистые Песчаники		Оолитовые Известняки		Карбонатные породы (без разделения)
	Мелко- и сред- незернистые Песчаники		Песчанистые Известняки		Тиллиты
	Известковый Мергели		Органогенные Известняки		Магнетитовые Пески
	Доломитовый Мергели		Марганцовистые Известняки		Фосфатоносные Пески

II Магматические горные породы

	Лейкограниты		Субщелочные лейкограниты		Щелочные лейкограниты
	Граниты		Субщелочные граниты		Щелочные граниты
	Плагиограниты				
	Гранодиориты		Граносиениты		Щелочные граносиениты
			Сиениты, кварцевые сиениты		Щелочные сиениты
	Кварцевые диориты		Кварцевые монцониты		Фельдшпатоидные сиениты
	Диориты		Монцониты, монцодиориты		
	Анортозиты				Основные фельдшпатоидные сиениты
	Габброиды		Субщелочные габброиды		Щелочные габброиды
	Перкниты (пироксениты, горблендиты)				Основные фойдолиты
	Перидотиты		Кимберлиты		Ультраосновные фойдолиты
	Дуниты				Мелилитолиты
	Ультрамафиты (гипербазиты) без расчленения				Карбонатиты
	Апогипербазитовые серпентениты				

III Метаморфические горные породы

	Хлорит-серицитовые и подобные сланцы		Гнейсы		Гранулиты
	Празиниты, хлорогризониты, эпидот-актинолитовые и подобные сланцы		Биотит-амфиболовые и подобные сланцы		Пириболиты, основные гранулиты, ортопироксеновые кристаллосланцы
	Серпентинитовые, тальковые и подобные сланцы		Клинопироксеновые кристаллосланцы		Пироксенолиты
	Мусковитовые, серицитовые и подобные сланцы		Кианитовые и подобные кристаллосланцы		Силлимонитовые и подобные кристаллосланцы

Нерасчлененные по фациям

	Мраморы, кальцифиры		Кварциты
---	---------------------	---	----------

Высокобарические

	Глаукофаниты		Эклогиты
---	--------------	---	----------

Примеры обозначения разновидностей метаморфических пород

	Сланец эпидот-хлоритовый		Гранито-гнейс
	Порфиритоид		Амфиболит биотитовый
	Сланец ставролитовый		Амфиболит гранатовый
	Сланец гиперстен-гранатовый		Сланец глаукофан-жадеитовый
	Гранат-биотитовый гнейс		Эклогит мелкозернистый