

Министерство образования и науки Российской Федерации

Сыктывкарский лесной институт (филиал)
федерального государственного бюджетного образовательного
учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский
государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова» (СЛИ)

Кафедра «Физика и автоматизация технологических процессов и производств»

В. А. Илларионов

ГЕОЛОГИЯ И ГЕОМОРФОЛОГИЯ

Учебное пособие

*Утверждено учебно-методическим советом
Сыктывкарского лесного института в качестве учебного пособия
по дисциплине «Геология и геоморфология» и учебной практике по получению
первичных профессиональных умений и навыков, в том числе первичных
умений и навыков научно-исследовательской деятельности по геологии
и гидрологии для студентов направления подготовки бакалавриата
08.03.01 «Строительство» всех форм обучения*

Самостоятельное учебное электронное издание

Сыктывкар 2018

УДК 551
ББК 26.3
И44

Издается по решению редакционно-издательского совета Сыктывкарского лесного института.

Ответственный редактор: **В. С. Слабиков**, кандидат экономических наук, доцент

Рецензенты: **кафедра геологии Института естественных наук** (Сыктывкарский государственный университет им. Питирима Сорокина); **В. И. Силин**, доктор географических наук (Институт языка, литературы и истории Коми НЦ УрО РАН)

Илларионов, В. А.

И44 Геология и геоморфология [Электронный ресурс] : учебное пособие : самостоятельное учебное электронное издание / В. А. Илларионов ; Сыкт. лесн. ин-т. — Электрон. дан. — Сыктывкар : СЛИ, 2018. — Режим доступа: <http://lib.sfi.komi.com>. — Загл. с экрана.

Учебное пособие состоит из двух частей. В первой части приведены сведения о геологии и геоморфологии, где изложены основы геологического развития и внутреннего строения Земли. Проведен минеральный и петрографический состав земной коры, классификация и свойства магматических, осадочных и метаморфических пород. Сообщаются краткие сведения о тектонических движениях и форме залегания горных пород. Излагаются основные сведения о геоморфологии. Проводятся основные факторы формирования рельефа. Описываются эндогенные и экзогенные процессы и обусловленные ими формы рельефа. Во второй части указаны цели и задачи учебной полевой геологической и гидрологической практики, рассмотрены вопросы подготовки и организации практики, оснащения полевым оборудованием, безопасности проведения практики, организации учебного процесса в полевых условиях.

Предназначено для студентов направления подготовки бакалавриата 08.03.01 «Строительство» всех форм обучения.

УДК 551
ББК 26.3

Темплан 2017/18 учеб. г. Изд. № 140.

* * *

Самостоятельное учебное электронное издание

ИЛЛАРИОНОВ Виктор Архипович, кандидат геолого-минералогических наук, доцент

ГЕОЛОГИЯ И ГЕОМОРФОЛОГИЯ

Учебное пособие

Электронный формат pdf. Разрешено к публикации 12.04.2018. Объем 7,1 уч.-изд. л.
Сыктывкарский лесной институт (филиал) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова» (СЛИ)

167982, г. Сыктывкар, ул. Ленина, 39, institut@sfi.komi.com, www.sli.komi.com

Издано в СЛИ. Заказ № 36.

© Илларионов В. А., 2018

© СЛИ, 2018

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие

Введение

Часть 1

Глава 1. Основы геологического развития территории России

1.1 Внутреннее строение Земли по геофизическим данным

1.2 Основные литосферные плиты Земли и границы между ними

1.3 История развития Земли

Глава 2. Основы геологии

2.1. Минеральный и петрографический состав земной коры

2.1.1. Общие сведения о минералах

2.1.2. Физические свойства минералов

2.1.3. Классификация минералов

2.2. Классификация и свойства горных пород

2.2.1. Магматические породы

2.2.2. Осадочные породы

2.2.3. Метаморфические породы

2.3. Тектонические движения

2.4. Формы залегания осадочных пород

Глава 3. Основы геоморфологии. Факторы формирования рельефа

3.1. Общие сведения о рельефе

3.2. Эндогенные процессы и обусловленные ими формы рельефа

3.2.1. Движение земной коры, их геологическое и рельефообразующее значение

3.2.2. Магматизм, его геологическое и рельефообразующее значение

3.3. Экзогенные процессы и обусловленные ими формы рельефа

3.3.1. Общие сведения об экзогенных процессах рельефообразования

3.3.2. Формы рельефа, обусловленные выветриванием

3.3.3. Гравитационные формы

3.3.4. Флювиальные процессы и формы рельефа

3.3.5. Суффозионно – карстовый рельеф

3.3.6. Криогенный рельеф

3.3.7. Эоловый рельеф

Часть 2

I. Учебная практика по геологии и гидрологии

Глава 4. Общие сведения об инженерных сооружениях и условиях их проектирования

4.1. Основные виды инженерных сооружений

4.2. Проект и его содержание

Глава 5. Геологические исследования

5.1. Геология и ее роль в строительстве

5.2. Методика проведения учебной геологической практики

Глава 6. Организация практики

- 6.1. Оснащение полевым оборудованием
- 6.2. Техника безопасности при проведении практики
- 6.3. Организация учебного процесса в полевых условиях

Глава 7. Подготовительный период

- 7.1. Организация геологических исследований
- 7.2. Инженерно-геологические условия и последовательность их изучения
- 7.3. Виды геологических работ на разных стадиях изысканий
- 7.4. Инженерно-геологическая классификация горных пород
- 7.5. Классификация грунтов по строительным свойствам
 - 7.5.1. Скальные грунты
 - 7.5.2. Нескальные грунты
 - 7.5.3. Гранулометрический состав
 - 7.5.4. Пластичность глинистых грунтов
 - 7.5.5. Пористость
 - 7.5.6. Степень влажности
 - 7.5.7. Удельный вес
 - 7.5.8. Сопротивление грунта сдвигу
 - 7.5.9. Сжимаемость грунтов
 - 7.5.10. Водопроницаемость

Глава 8. Период проведения полевых геологических маршрутов

- 8.1. Целевое назначение маршрутов
- 8.2. Работы на точке наблюдений
- 8.3. Ведение полевого дневника
- 8.4. Работа с горным компасом
- 8.5. Стратиграфические подразделения и их индексация
- 8.6. Отбор и этикетирование образцов

Глава 9. Отчетная документация о результатах геологической практике

- 9.1. Составление, содержание и оформление отчета
- 9.2. Порядок сдачи зачета

Глава 10. Гидрологические исследования

- 10.1. Роль гидрологических изысканий
- 10.2. Методика проведения учебной гидрологической практики

Глава 11. Организация практики

- 11.1. Оснащение полевым гидрологическим оборудованием
- 11.2. Организация учебного процесса в полевых условиях

Глава 12. Подготовительный период

- 12.1. Организация подготовительных работ
 - 12.1.1. Круговорот воды в природе, водный баланс
 - 12.1.2. Речная система
 - 12.1.3. Характеристика стока, факторы, влияющие на сток

Глава 13. Период проведения полевых гидрологических исследований

- 13.1. Методика проведения полевых гидрометрических работ
 - 13.1.1. Промерные работы
 - 13.1.2. Измерение скорости течения

- 13.1.3. Определение скорости потока поверхностным поплавком
- 13.1.4. Определение скорости потока поплавком-интегратором
- 13.1.5. Изучение твердого стока
- 13.1.6. Определение расхода воды
- 13.1.7. Определение уклона реки
- 13.1.8. Определение живого сечения реки
- 13.1.9. Определение скорости течения реки по формуле Шези

Глава 14. Отчетная документация о результатах учебной практике

- 14.1. Порядок работы в предзащитный период
- 14.2. Составление, содержание и оформление отчета
- 14.3. Порядок сдачи отчета, список литературы

Библиографический список

Предисловие

Учебное пособие «Геологии и геоморфология» и «Учебная практики по геологии и гидрологии» составлены в соответствии с программой обучения студентов строительного профиля. Основной задачей этой дисциплины является изучение внутреннего строения Земли, вещественного состава и историю развития земной коры, закономерности строения рельефа и его развития с целью выхода на решение практических вопросов.

Пособие состоит из двух частей: основы геологии и геоморфологии; и учебная практика по геологии и гидрологии. Каждая из названных частей по существу представляет самостоятельную дисциплину, поэтому связь их в едином курсе представляет определенные трудности.

Следуя программе курса, эти части построены по принципу: сообщаются общие сведения, теория предмета, затем освещаются средства и методы ведения тех или иных исследований. Такой порядок изложения материала позволяет изучающему получить представление не только о каких-то частных задачах дисциплины, но и понять основы конкретной науки.

В содержание второй части включена учебная практика по гидрологии, которая является нераздельной частью с геологической учебной практикой. При этом учитывалось то положение, что основы собственно гидрологической науки студенту уже известны из пройденного курса «Гидрология» и что для закрепления теоретических знаний он проходит, совмещенную с геологией, учебную практику.

Важными пособиями и руководствами при подготовке настоящей работы послужили учебники для геолого-разведочных институтов, написанные А.Е. Михайловым, Э.Т. Палиенко, О.Д. Климовым, а также многие монографии и методические руководства.

Ограниченность объема книги заставила излагать сведения в самом кратком виде. Для читателей, желающих ознакомиться с геологией и гидрологией более детально, дается список литературы по данному вопросу.

Автор с большим признанием примет все критические замечания и советы, направленные на улучшение книги.

Введение

В программу обучения студентов строительного профиля входит дисциплина «Геология и геоморфология» и совмещенная учебная практика по геологии и гидрологии. Целью учебного пособия «Геология и геоморфология» - дать студентам строительных специальностей высших учебных заведений необходимые знания о внутреннем строении Земли, о вещественном составе и истории развития земной коры.

В первой части книги в главе «Основы геологии» даны классификация и характеристика свойств минералов и горных пород, являющихся основанием сооружений. Рассмотрены основные виды магматических, осадочных и метаморфических пород; тектонические движения, вулканизм, сейсмичность, которые проявляясь во всем своем многообразии, создают различные структуры. Освещены различные физико-геологические процессы, которые могут существенно влиять на работу сооружения.

В главе «Основы геоморфологии» приведены общие сведения о рельефе, его основных формах и размерах. Рассмотрены магматические и экзогенные вопросы происхождения рельефа; выделены глубинные интрузивные формообразующие образования в виде батолитов и штоков; и приповерхностные – лакколиты, силлы, жилы; процессы вулканической и поствулканической деятельности. Особое место отводится экзогенным процессам рельефообразования. Приведена характеристика физического, химического и органического выветривания. Рассмотрен широко распространенный тип разрушения природных склонов под действием гравитации и при участии поверхностных и подземных вод; формирование плоскостного и линейного размыва с образованием овражно-балочных и речных форм рельефа. Особое место отводится суффозионно-карстовым экзогенным процессам, связанным с подземными водами, а так же криогенным процессам и соответствующим формам рельефа, широко развитым в северо-восточной части Республики Коми.

Во второй части книги изложены основные организационные и методические вопросы по проведению совмещенной учебной полевой геологической и гидрологической практики студентов строительного профиля высших учебных заведений.

В общих и подготовительных главах (4-7) указаны цели и задачи учебной геологической практики, рассмотрены вопросы организации практики, оснащением полевым оборудованием, безопасности проведения полевых работ. Здесь же даны методические указания по проведению маршрутов и организации учебного процесса в полевых условиях. Особое место отводится подготовительному периоду, в котором, кроме организационных вопросов геологических исследований приведены теоретические данные, используемые в программе учебной практики.

Подробно в главе полевых работ (гл.8) освещена работа в полевых маршрутах, которым сопутствует большой объем геологических исследований.

Завершается учебная геологическая практика (гл.9) составлением отчетной документации по результатам практики.

В учебной практике по гидрологии (гл.10,11) приведены сведения об организации и методике проведения гидрологической практики, оснащения полевым оборудованием, рассмотрены безопасные условия проведения полевых работ. В подготовительном периоде (гл.12) изложены основные понятия курса гидрометрии для полевых исследований, методы расчета речного стока. Особое внимание уделено полевым гидрометрическим работам (гл.13), где освещены методы выполнения различных видов гидрометрических работ и получения конечных результатов. В заключительной главе (гл.14) определяется порядок, содержание и оформление отчетной документации.

Часть 1

Глава 1. Основы геологического развития территории России

1.1 Внутреннее строение Земли по геофизическим данным

Вещественная неоднородность земной коры, характер ее деформации и протекающие в ней современные геологические процессы обусловлены тектоническими движениями, происходящими как в самой коре, так и в подстилающей ее верхней мантии. Земную кору вместе с верхней мантией называют тектоносферой [4].

Земная кора представляет собой относительно тонкую (5-70км) твердую оболочку, покрывающую с поверхности земной шар. Изучение скоростей распространения сейсмических волн позволило выделить в разрезе земной коры по меньшей мере три слоя: геофизический осадочный, геофизический гранитный и геофизический базальтовый.

Осадочный слой слагает верхнюю часть разреза земной коры. Он образован различными осадочными породами с плотностью от 2,2 до 2,5 г/см³. Его мощность изменяется от первых метров до нескольких километров [1].

Геофизический гранитный слой образован магматическими породами кислого и среднего состава, метаморфизованными осадочными толщами, проплавленными интрузиями, гнейсами и кристаллическими сланцами. Его плотность 2,4-2,7 г/см³, мощность обычно не превышает 25км.

Геофизический базальтовый слой повсеместно слагает нижнюю часть разреза земной коры. Он может быть образован метаморфическими основными породами (амфиболитами, гранат-пироксеновыми сланцами), магматическими породами основного состава (базальтами, диабазами, габбро-норитами). Его плотность 2,7-2,9 г/см³, мощность до 30км.

Выделяют два основных типа строения земной коры: континентальный и океанический. Континентальный тип коры характеризует крупнейшие положительные структурные элементы земной коры – материковые массивы. Он развит в пределах материковой суши и под шельфовыми морями, покрывающими края материковых массивов, а также в пределах крупных островов. Мощность материковой коры меняется от 27 до 70км, увеличиваясь в горных областях. В разрезе континентальной коры выражены три слоя: осадочный, «гранитный», «базальтовый».

Океанический тип коры развит под впадинами океанов – крупнейших отрицательных структурных элементов земной коры. Для него характерно отсутствие «гранитного» слоя, в результате чего в океанах осадочный слой залегает непосредственно на «базальтовом» или между ними выделяется слой с промежуточными характеристиками, состоящих из перемежающихся осадочных пород и базальтов. В противопоставление коре континентальной океаническую кору называют безгранитной.

Верхняя мантия включает два слоя: нижний – астеносферный и верхний – надастеносферный. Надастеносферный слой тесно связан с земной карой. В его

пределах скорости распространения сейсмических волн последовательно нарастают с глубиной. В подстилающем астеносферном слое скорости волн относительно уменьшаются. Вероятно, вещество астеносферы находится в аморфном пластичном состоянии. Проявление магматических процессов в земной коре обычно связывают с процессами происходящими в астеносфере. Земная кора вместе с наастеносферным слоем составляет жесткую литосферу. В противопоставление пластичной астеносфере.

В настоящее время установлены существенные различия в мощности литосферы под континентами и океанами, что выражается также в различных типах кор этих крупнейших структур.

Нижняя мантия имеет значительную мощность (2 тыс. км), строение по геофизическим данным – однородное. Ядро Земли – занимает 17% ее объема и составляет 34% ее массы. Внешнее ядро не пропускает поперечные сейсмические волны, что характерно для свойств жидкости, субядро – возможно находится в твердом состоянии.

1.2. Основные литосферные плиты Земли и типы границ между ними

В свете современных представлений, согласно теории тектоники литосферных плит, установлено, что литосферные плиты, которые слагают внешнюю оболочку Земли, образуются за счет остывания и полной кристаллизации частично расплавленного вещества астеносферы [1]. Это показывает, что астеносфера в масштабах геологического времени ведет себя как вязкая жидкость. Земная кора вместе с твердой частью слоя Гутенберга (наастеносферным слоем) образует единый жесткий слой, лежащий на астеносфере, который называется литосферой. Пособущество литосфера является своеобразной геосферой, отделенной от остальной части мантии активным поясом астеносферы.

Литосфера может быть подразделена по геодинамическому принципу – на отдельные плиты – литосферные плиты, разделенные швами. К которым приурочена тектоническая, в том числе сейсмическая, а также магматическая активность Земли. Основанием для выделения литосферных плит, а также проведения границ между ними служит распространение эпицентров землетрясений, концентрация которых в узких полосах вдоль границ плит и их практическое отсутствие или редкость на больших площадях внутри плит. В современной структуре Земли выделяется 7 основных плит: Северо-Американскую, Южно-Американскую, Евроазиатскую, Африканскую, Индийско-Австралийскую, Антарктическую, Тихоокеанскую [4]. В пределах крупных плит иногда выделяют самостоятельные плиты или блоки средних размеров и множество мелких.

Основная площадь плит в пределах континентов и океанов принадлежит устойчивым блокам коры и литосферы – платформам, соответственно континентальным и океаническим; последние чаще именуются океаническими плитами. Платформы в общем отличаются плоским, равнинным рельефом и однородным строением земной коры, а также литосферы.

К границам между литосферными плитами в океанах приурочены Средноокеанические подвижные пояса – хребты. По периферии океанов, в переходных зонах между ними и континентами простираются геосинклинальные под-

вижные пояса окраинно-континентального типа. Другой тип этих поясов – межконтинентальный протягивается между континентальными плитами (например: Евразийской и Африканской плитами).

Таким образом, в океанической коре выделяются срединно океанические плиты (платформы), в континентальной коре – континентальные платформы, эпиплатформы и эпигеосинклинальные орогенные пояса. Переходные зоны между континентами и океанами заняты геосинклинальными подвижными поясами. Разделяющие их часто разломы именуют глубинными разломами. Сама тектоническая и вулканическая активность обусловлена движением и взаимодействием литосферных плит.

В целом выделяют три вида перемещения плит: раздвижение с образованием рифов, сжатие или надвиг (подныривание) одной плиты на другую и наконец, скольжение или сдвиг плит друг относительно друга. Все эти перемещения литосферных плит по поверхности астеносферы происходят под влиянием конвективных течений в мантии. Процесс поднадвига океанической плиты под континентальную называется субдукцией (например, Тихоокеанская «подныривает» под Евразийскую в районе Японской островной дуги), а процесс надвига океанической на континентальную плиту – обдукцией. В древности такой процесс столкновения континентов (коллизия) привел к закрытию океана Тетис и возникновению Альпийско-Гималайского горного пояса.

Сейсмические явления. Сейсмические явления проявляются в виде упругих колебаний земной коры. Это грозное явление природы типично районам геосинклиналей, где активно действуют современные горообразовательные процессы, а также зонам субдукции и обдукции. Землетрясения возникают также в процессе извержения вулканов, возникновения провалов в связи с обрушением горных пород, а также в результате мощных взрывов, производимых, например, в строительных целях. Наиболее разрушительными являются тектонические сейсмические явления, захватывающие, как правило, большие площади.

Тектонические сейсмические явления возникают как на дне океанов так и на суше. В связи с этим различают моретрясения и землетрясения.

Моретрясения возникают в глубоких океанических впадинах Тихого, реже Индийского и Атлантического океанов. Быстрые поднятия и опускания дна океанов вызывают смещение крупных масс горных пород и на поверхности океана порождают пологие волны (цунами) с расстояниями между гребнями до 150 км и очень небольшой высотой над большими глубинами океана. При подходе к берегу вместе с подъемом дна, а иногда сужением берегов в бухтах высота волн увеличивается до 15-20 м и даже 40 м.

Цунами перемещаются на расстояния в сотни и тысячи километров со скоростью 500-800 км/час. По мере уменьшения глубины моря крутизна волн резко возрастает и они со страшной силой обрушиваются на берега, вызывая разрушения сооружений. В России это явление наблюдается на восточных берегах Камчатки и Курильских островах. Для борьбы с цунами возводят инженерные сооружения в виде защитных насыпей, железобетонных молов, волноотбойных

стенки, создают искусственные отмели. Здания размещают на высокой части рельефа.

Землетрясение. Сейсмические волны. Очаг зарождения сейсмических волн называют гипоцентром. По глубине залегания гипоцентра различают землетрясения: поверхностные – от 1 до 10 км глубины, коровые – 30-50 км и глубокие – от 100-300 до 700 км. Последние находятся уже в мантии Земли и связаны с движениями, происходящими в глубинных зонах планеты. Такие землетрясения наблюдались на Дальнем Востоке, Испании и Афганистане.

Непосредственно над гипоцентром на поверхности земли располагается эпицентр. На этом участке сотрясение поверхности происходит в первую очередь и с наибольшей силой. От гипоцентра во все стороны расходятся сейсмические волны, по своей природе являющиеся упругими колебаниями. Различают продольные и поперечные сейсмические волны. Сейсмические продольные волны проходят к поверхности земли первыми, так как имеют скорость в 1,7 раза больше, чем поперечные волны. Продольные сейсмические волны – волны сжатия и растяжения среды в направлении сейсмических лучей. Поперечные сейсмические волны – волны сдвига в направлении, перпендикулярном сейсмическим лучам; поверхностные сейсмические волны – волны, распространяющиеся вдоль поверхности земли. Наибольший интерес для инженера-строителя имеют продольные и поперечные волны. Продольные волны вызывают расширение и сжатие пород в направлении их движения. Они распространяются во всех средах – твердых, жидких и газообразных. Скорость их зависит от вещества пород. Поперечные колебания перпендикулярны продольным, распространяются только в твердой среде и вызывают в породах деформации сдвига.

На поверхности земли от эпицентра во все стороны расходятся волны особого рода – поверхностные, являющиеся по своей природе волнами тяжести (подобно морским валам). Скорость их распространения более низкая, чем у поперечных, но они оказывают на сооружения не менее пагубное влияние. Действие сейсмических волн или, иначе говоря, продолжительность землетрясений, обычно проявляется в течение нескольких секунд, реже минут.

Оценка силы землетрясения. За землетрясениями ведут постоянные наблюдения при помощи специальных приборов – сейсмографов, которые позволяют качественно и количественно измерять силу землетрясения в баллах. В России используется 12-бальная шкала. Каждому баллу соответствует определенное значение ускорения колебания (табл 1).

Сейсмические баллы и последствия землетрясений

Таблица 1

Баллы	Последствия землетрясений
I	Колебания земли отмечается приборами,
II	В отдельных случаях ощущается людьми, находящимися в спокойном состоянии
III	Колебания земли отмечают некоторыми людьми

IV	Землетрясение отмечается многими людьми
V	Качание висячих предметов; многие спящие просыпаются
VI	Легкие повреждения в зданиях, тонкие трещины в штукатурке; трещины в сырых грунтах; небольшие изменения дебита источников и уровня воды в колодцах
VII	Трещины в штукатурке и откалывание отдельных кусков, тонкие трещины в стенах; в единичных случаях нарушения стыков трубопроводов; большое количество трещин в сырых грунтах; в отдельных случаях мутнеет вода; изменяется дебит источников и уровень грунтовых вод
VIII	Большие трещины в стенах, падение карнизов, дымовых труб; отдельные случаи разрушения стыков трубопроводов; трещины в сырых грунтах до нескольких сантиметров; вода в водоемах становится мутной; возникают новые водоемы; часто меняется дебит источников и уровень воды в колодцах
IX	В некоторых зданиях обвалы; обрушение стен, перекрытий, кровли; многочисленные разрывы и повреждения трубопроводов; трещины в сырых грунтах до 10 см; большие волнения в водоемах; часто возникают новые и пропадают существующие источники
X	Обвалы во многих зданиях. Трещины в грунтах до метра шириной
XI	Многочисленные трещины на поверхности земли; большие обвалы в горах
XII	Изменение рельефа местности в больших размерах

Для территории России составлена карта распространения землетрясений с указанием баллов. К сейсмическим районам относятся Кавказ, Алтай, Забайкалье, Дальний Восток, Сахалин, Курильские острова, Камчатка. В настоящее время эта карта обновляется и в ней будут содержаться сведения о повторяемости землетрясений во времени.

Землетрясения способствуют развитию чрезвычайно опасных гравитационных процессов – оползней, обвалов, осыпей. Как правило, все землетрясения от семи баллов и выше сопровождаются этими явлениями, причем катастрофического характера.

При строительных работах в районах землетрясений необходимо помнить, что баллы сейсмических карт характеризуют только некоторые усредненные грунтовые условия района и поэтому не отражают конкретных геологических особенностей той или иной строительной площадки. Эти баллы подлежат уточнению на основе конкретного изучения геологических и гидрогеологических условий строительной площадки. Это достигается увеличением исходных баллов, полученных по сейсмической карте, на единицу для участков, сложенных рыхлыми породами, в особенности увлажненными, и их уменьшением на еди-

ницу для участков, сложенных прочными скальными породами. Опасными для строительства являются участки с сильно расчлененным рельефом, берега рек, склоны оврагов, оползневые и карстовые участки. Крайне опасны участки, расположенные вблизи тектонических разрывов. Весьма затруднительно строить при высоком залегании уровня грунтовых вод (1-3м).

На территориях, где сила землетрясения не превышает 7 баллов, основания зданий и сооружений проектируют без учета сейсмичности. В сейсмических районах, т.е. районах с расчетной сейсмичностью 7,8 и 9 баллов, проектирование оснований ведут в соответствии с главой СНиПа по проектированию зданий и сооружений в сейсмических районах.

В сейсмических районах не рекомендуется прокладывать водоводы, магистральные линии и канализационные коллекторы в водонасыщенных грунтах (кроме скальных, полускальных и крупнообломочных), в насыпных грунтах независимо от их влажности, а также на участках с тектоническими нарушениями. Если основным источником водоснабжения являются подземные воды трещиноватых и карстовых пород, дополнительным источником всегда должны служить поверхностные водоемы.

Большое практическое значение для жизни и производственной деятельности человека имеет предсказание момента начала землетрясения и его силу. В этой работе уже имеются заметные успехи, но в целом проблема прогнозирования землетрясений еще находится на стадии разработки.

Вулканизм – это процесс прорыва магмы из глубин земной коры на поверхность земли. Вулканы – геологические образования в виде гор и возвышений конусоидальной, овальной и других форм, возникшие в местах прорыва магмы на земную поверхность.

Вулканизм проявляется в районах субдукций и обдукций, а внутри литосферных плит – в зонах геосинклиналей. Наибольшее количество вулканов расположено вдоль побережья Азии и Америки, на островах Тихого и Индийского океанов. Различают вулканы действующие и потухшие. Действующими называют те вулканы, которые постоянно или периодически извергаются; потухшими – те, которые прекратили свое действие, и об их извержении нет данных.

На территории России вулканы известны на Камчатке и на Курильских островах. На Камчатке расположено 129 вулканов, из них 28 действующих. Наибольшую известность получил вулкан Ключевская сопка (высота 4850м), извержение которого повторяется приблизительно через каждые 7-8 лет. Потухшие вулканы на Кавказе (Казбек, Эльбрус, Арарат) в Сибири.

Извержение вулканов происходит по-разному. Это в большой мере зависит от типа магмы, которая извергается. Кислая и средняя магмы, будучи вязкими, дают извержение со взрывами, выбросом камней и пепла. Излияние магмы основного состава обычно происходит спокойно, без взрывов. На Камчатке и Курильских островах извержения вулканов начинаются с подземных толчков, далее следуют взрывы с выбросом водяных паров и излиянием раскаленной лавы.

Строительство зданий и сооружений в вулканических районах имеет определенные трудности. Землетрясения обычно не достигают разрушительной си-

лы, но продукты, выделяемые вулканом, могут пагубно сказаться на целостности зданий и сооружений и их устойчивости.

1.3. История развития Земли

В настоящее время считают, что Земля как и другие планеты Солнечной системы, сформировались 4,5-5 млрд. лет назад. Время это установлено гипотетически, поскольку на Земле еще не обнаружены горные породы и минералы, имеющие близкий к этому абсолютный возраст. Доступные изучению древнейшие горные породы имеют абсолютный возраст не более 3,5 млрд. лет. Они найдены среди пород, слагающие древнейшие участки земной коры – щиты (Карелия, Африка, Канада и др.), и это дает основание предположить, что первичная кора земного шара начала формироваться значительно раньше.

Начальный этап развития Земли, не подтвержденный минералами и горными породами с датированным возрастом, называют догеологическим.

Геологический этап начался около 3,5-3,6 млрд. лет назад и продолжается в настоящее время. Для изучения развития Земли на этом этапе применяются различные методы исследования горных пород: определяется их абсолютный и относительный возраст, состав, происхождение, заключенные в породе органические остатки формы залегания слоев, время и характер возникших в породах изменений, форма и время образования магматических тел и ряд других признаков.

Геологический этап подразделяется на криптозой и фанерозой

Докембрийская история развития Земли. Криптозой подразделяется на архейскую и протерозойскую эры. Его нижняя граница соответствует началу геологического этапа развития Земли и определяется приблизительно 3,5-3,6 млрд. лет. Общая продолжительность криптозоы более 3 млрд. лет.

В раннем архее основным процессом являлась дифференциация первичного вещества планеты, сопровождавшаяся обильным выделением паров и газов, образованием обширных очагов базальтовой магмы. Проплавляя первозданную кору, эта магма на больших пространствах выходила на поверхность (площадные излияния), остывала и подвергалась воздействию внешних агентов (атмосферы, вод первичного океана и др.). Образующиеся осадочные породы состояли из обломков (песок, галька) основных магматических пород, поскольку граниты еще не получили широкого распространения. Структуры платформ и геосинклиналей в виде глубоких линейных прогибов земной коры закладываются в верхнем архее. В них накапливаются мощные толщи вулканических туфов лавы, терригенного материала и хемогенных осадков. В результате последующей складчатости, горообразования, метаморфизма и гранитизации из толщ, заполнивших первичные геосинклинали, сформировались первичные жесткие участки материковой коры – протоплатформы, разделенные обширными геосинклинальными поясами.

Среди терригенных и вулканогенных пород, накапливавшихся в протерозойскую эру, широкое распространение получили водорослевые известняки и углистые сланцы, образовавшиеся при участии морских водорослей. Это свидетельствует о том, что первые организмы появились на Земле еще в архейскую

эру. В позднем протерозое (рифей, венд) синезеленые водоросли достигают широкого развития, выделяют массы известкового материала, формируя из него постройки типа современных коралловых рифов (страмотолиты). В рифейских отложениях найдены скопления фосфоритов, отпечатки червей медуз, примитивных кораллов, раковины малюсков. В протерозое неоднократно развивались процессы складчатости и горообразования, активно проявлялся интрузивный магматизм, происходили вулканические извержения, продолжалось расширение и консолидация платформ.

Фанерозой подразделяется на палеозойскую, мезозойскую и кайнозойскую эры. Продолжительность фанерозоя около 570 млн. лет, т.е. он приблизительно в шесть раз короче, чем криптозой. Стратиграфия и геохронология фанерозоя разработана на основе изучения хорошо сохранившихся отложений и обильных (многочисленных) руководящих ископаемых.

К началу палеозойской эры в результате неоднократно происходивших в архее и протерозое складчатости и горообразования в земной коре сформировались жесткие участки – платформы, например: Русская, Сибирская, Североамериканская, Бразильская и др., разделявшиеся активными геосинклинальными поясами: Тихоокеанским, Средиземноморским, Урало-Монгольским и др.

В палеозое платформы испытывали поднятия и погружения, сопровождавшиеся трансгрессиями и регрессиями моря. Моря отличались небольшими глубинами, на дне их накапливались толщи осадков, содержащие раковины, скелетные образования, отпечатки морских животных. Осадочный чехол платформ не метаморфизован, осадки и следы органической жизни сохранились хорошо, что и облегчает их изучение. В геосинклиналях долгое время сохранились морские условия, накапливались мощные серии осадочных пород, позволяющих проследить последовательность развития видов морских животных. Изучение этих разрезов затрудняется дислоцированностью слоев, сильной метаморфизацией, особенно нижних, наиболее глубоких свит, развивающейся в процессе складко- и горообразования, и при воздействии магматических процессов.

Процессы складчатости и горообразования палеозойской эры сильно изменили тектоническое строение и рельеф земной коры. В северном полушарии возник обширный континентальный массив, получивший название Лавразия, состоящий из объединенных древних платформ – Северо-Американской, Русской и Сибирской, в южном возник аналогичный массив Гондвана, объединивший Африканскую, Индостанскую, Австралийскую и другие платформы. Между Лавразией и Гондваной располагался геосинклинальный Среднеземноморский пояс, занятый морем -океаном Тетис. Два других геосинклинальных пояса продолжали сохраняться вдоль восточных и западных берегов Тихого океана.

В животном мире в палеозойскую эру произошли большие изменения. В конце палеозойской эры были представлены только беспозвоночные животные, обитающие в море и имевшие небольшое число видов. В палеозойскую эру беспозвоночные животные дали много новых видов и прошли сложный эволюционный путь развития. Многие виды этих животных пережили период расцвета и к концу палеозоя угасли, например, трилобиты, граптолиты археоциаты. В

начале палеозоя появились первые позвоночные – рыбы, а в конце – амфибии и рептилии.

Среди растений к началу палеозоя были распространены только водоросли и простейшие споровые наземные растения. В палеозойскую эру споровые растения широко распространились по всем материкам. В конце палеозоя появляются и распространяются голосеменные растения.

В палеозое образовались многочисленные залежи каменного угля, нефти, различные руды, драгоценные камни, строительные материалы и другие полезные ископаемые.

В мезозойскую эру напряженные процессы тектогенеза, горообразования и вулканизма развивались в тихоокеанских геосинклинальных поясах, достигли наибольшей активности в меловой период. В Среднеземноморском поясе активные движения происходят на востоке, а в западных его частях проявляются только отдельные фазы тектонического цикла. Одновременно с увеличением площади платформ, происходящим за счет привлечения к ним формирующихся жестких участков, в южном полушарии начинается процесс распада материка Гондваны. В эту эру развиваются впадины Индийского океана и южной части Атлантического. В северном полушарии активизируются древние платформы – начинаются глыбовые движения в районе Байкала, в Саянах, на Алтае, Тянь-Шане и др. Большие площади материков испытывали погружения и заливались водами эпиконтинентальных морей, покрывались толщами морских осадков, маскирующих древний рельеф, превращались в морские равнины. На суше агенты денудации постепенно разрушали древние горные страны, формировали поверхности выравнивания, которые и сейчас отчетливо прослеживаются в рельефе.

Органический мир мезозойской эры имел своеобразный облик. В море были широко распространены головоногие моллюски – аммониты и белемниты, давшие большое число руководящих форм; развивались новые виды иглокожих – морских ежей и лилий; появились новые виды рыб; широко были распространены простейшие – фораминиферы, из известковых скорлупок которых образовались толщи пишущего мела. На суше господствовали рептилии (ящеры), представленные многочисленными видами. В конце мезозоя большинство ящеров вымирает и развиваются птицы и примитивные млекопитающие. С середины мелового периода развиваются покрытосеменные растения.

Из месторождений полезных ископаемых мезозоя особенно большое значение имеют нефть, каменный уголь, фосфориты и различные руды.

В кайнозое происходило новое горообразование, особенно сильно проявившееся в конце эоцена и начале олигоцена. Эта так называемая альпийская эпоха ознаменовала начало нового этапа тектонических движений, продолжающихся до настоящего времени. В эту эпоху почти полностью замыкается Средиземный геосинклинальный пояс и на его месте формируются крупнейшие горные страны: Альпы, Апенины, Карпаты, Кавказа, Памира, Гималаи и др. В тихоокеанских геосинклиналях в это время продолжали формироваться Кордильеры, развивались горы Камчатки, Сахалина, Курильских и Японских островов и т.д. В ряде древних горных стран, сильно разрушенных денудацией,

возникли новые и активизировались старые разломы, произошло поднятие и погружение крупных блоков земной коры (Тянь Шань Алтай и др.). В южном полушарии продолжался распад Гондваны и, видимо, перемещение его отдельных блоков к северу (Африка, Аравия, Индостан). Между Африкой и Аравией образовалась впадина Красного моря, а в Восточной Африке активизировались разломы рифтовой зоны. В северном полушарии разрушаются сухопутные связи между Европой, Гренландией и Северной Америкой – формируется северная часть впадины Атлантического океана.

К концу неогена резко обособляются климатические зоны и провинции, в горах, а затем и на равнинах материков в высоких и умеренных широтах развиваются обширные оледенения. Ледники и талые ледниковые воды оставили яркое и хорошо сохранившиеся следы своей деятельности – характерные отложения и формы рельефа.

Животный мир кайнозоя уже в начале этой эры приобрел близкий к современному облик. Особенно это характерно для моря, условия обитания в котором изменялись сравнительно мало. На суше господствующее положение занимают птицы и млекопитающие. В неогене появился человек. Среди растений господствуют покрытосеменные. В начале кайнозоя животные и растения развивались в условиях мягкого климата, в четвертичный период появляются их виды, устойчивые к холоду.

В кайнозое образовались крупнейшие месторождения нефти, природных газов, месторождения угля, различных руд и других полезных ископаемых, используемых в качестве строительных материалов и пр.

Геохронология. Крайне важно знать абсолютный возраст пород, образовавшихся в ту или иную эпоху, и длительность каждой эпохи. В конце 19 века после открытия явления радиоактивного распада элементов, встречаемых в минералах и горных породах ученые получили возможность определить абсолютный возраст пород. Такие элементы как уран 238, уран 235, торий 232, распадаясь, превращаются в свинец. Определяя количество присутствующего в горной породе радиоактивного элемента и продукта его распада, можно по их соотношению узнать возраст породы.

В настоящее время применяются методы определения абсолютного возраста пород, основанные на определении содержания в них не конечных, а промежуточных продуктов распада урана или тория. Эти методы получили название по определенным элементам: ураново-свинцовый, калий-аргоновый, рубидиево-стронциевый, углеродный и др. Их применение и позволило составить шкалу абсолютного возраста, установить продолжительность эр и периодов (см. табл.2).

Абсолютный возраст пород

Таблица 2

Эон	Эра	Период	Абсолютный возраст, млн. лет
Фанерозой FR	Кайнозойская KZ	Четвертичный Q	0,7
		Неогеновый N	23

		Палеогеновый □	65
	Мезозойская MZ	Меловой K	130
		Юрский J	204
		Триасовый T	245
	Палеозойская PZ	Пермский P	290
		Каменноугольный C	350
		Девонский D	410
		Силурийский S	435
		Ордовикский O	480
		Кембрийский €	580
Протерозой PR		-	2600
Архей AR		-	

Контрольные вопросы

1. Перечислите геосферы Земли;
2. Из чего состоит внешнее ядро Земли?
3. Из чего состоит внутреннее ядро Земли?
4. Что такое земная кора и литосфера?
5. Какие выделяются основные этапы развития земной коры?
6. Какие основные литосферные плиты выделяются в литосфере?
7. Объясните происхождение процессов субдукции и обдукции;
8. Перечислите геологические этапы развития Земли;
9. Сейсмические явления, землетрясение, цунами, бальность землетрясения.

Глава 2. Основы геологии

2.1. Минеральный и петрографический состав земной коры

2.1.1. Общие сведения о минералах

Земная кора сложена горными породами, которые в свою очередь состоят из минералов. Минералы представляют собой индивидуальные вещества, обладающие определенным химическим составом. Подавляющая масса минералов находится в природе в твердом состоянии. Реже встречаются жидкие (вода, ртуть) и газообразные (метан, углекислый газ).

Минералы, образующиеся внутри Земли при высоких температурах и давлениях, называются эндогенными, образующиеся на поверхности земли – экзогенными.

Эндогенные минералы бывают магматического и метаморфического происхождения, экзогенные образуются путем выветривания или имеют осадочное происхождение [2].

Образование эндогенных минералов. Эндогенные минералы магматического происхождения образовались следующим образом. В результате физико-химических и радиоактивных процессов в верхней мантии и самой коре возникают очаги раствора-расплава горных пород, называемого магмой и состоящего из соединений многих элементов – кислорода, кремния, алюминия, железа, кальция, магния, натрия, калия, углерода, водорода и др. Магма под большим давлением устремляется к поверхности Земли по разломам и трещинам в земной коре, раздвигая слои горных пород и застывая на различных глубинах. Застывание магмы сопровождается ее расщеплением (дифференциацией) на составные части (по плотности и т.д.) и образованием минералов. Выделяют следующие стадии образования минералов в процессе застывания магмы: 1. Магматическую (минералы кристаллизуются из основной части магмы при температуре свыше 700°C); 2. Пегматитовую (минералы кристаллизуются из остаточного расплава, обогащенного кремнекислотой, летучими компонентами и редкими элементами при температуре ниже 700°C ; в эту стадию образуются породы крупнокристаллического строения, называемые пегматитами); 3. Пневматолито-гидротермальную (минералы образуются сначала из газов, выделяемых магматическим очагом, а затем при понижении температуры газов и переходе их в жидкое состояние – из водного раствора при относительно высокой температуре – около 500°C); гидротермальную (минералы образуются из нагретых водных (гидротермальных) растворов при температурах $400-100^{\circ}\text{C}$). Таким путем образуются, кварц и различные силикаты. Эндогенные минералы обычно плотные, с большой твердостью, стойкие к воде, кислотам, щелочам.

Эндогенные минералы метаморфического происхождения образуются в результате глубокого преобразования ранее сформировавшихся минералом и горных пород вследствие изменения физико-химических условий под влиянием высоких температур, давления и воздействия химически активных компонентов. Такие преобразования происходят в горных породах как при погружении

их на большую глубину во время движения земной коры (землетрясений), так и на границе между осадочной породой и внедрившимся в нее магматическим телом. Так образуются многие минералы силикаты (роговая обманка актинолит и др.

Образование экзогенных минералов. Экзогенные минералы образуются в результате выветривания следующим образом. Минералы и горные породы, образующиеся на различных глубинах в земной коре в результате магматических процессов, попадая на поверхность Земли, под действием солнца, воздуха, воды, ветра, смены температур, деятельности живых организмов и химических процессов разрушаются и претерпевают изменения. Этот процесс называется выветриванием. В результате выветривания образуются новые минералы, устойчивые к условиям поверхности.

Часть продуктов выветривания захватывается текучими водами и переносится в крупные водоемы (озер, моря, океаны), где происходит их отложение. Так образуются механические и химические осадки. Некоторые морские организмы содержат те или иные элементы (кальций, кремний фосфор и др.). Накопление на дне их скелетов приводит к образованию биогенных осадков, которые, кристаллизуясь, образуют минералы осадочного происхождения.

2.1.2. Физические свойства минералов. К физическим свойствам минералом относятся твердость, цвет черты (цвет минерала в порошке), блеск, спайность, излом, удельный вес, прозрачность, магнитность и др [2].

Твердость -степень сопротивления минерала царапанию, истиранию, вдавливанию, сверлению. В соответствии с этим твердость минералов определяется царапанием, вдавливанием и шлифованием. В минералогии принято определение твердости минералов путем царапания минерала другим минералом или предметом, твердость которых известна. Для определения относительной твердости этим методом используется шкала Мооса, состоящая из 10 минералов-эталонов, расположенных в порядке возрастания твердости. Относительная твердость минерала отмечается порядковым номером одинакового по твердости минерала-эталона в шкале твердости. Для грубого определения твердости (с помощью ногтя, стекла и хорошо закаленного напильника) все минералы делят на четыре группы: мягкие, средние, твердые и очень твердые. Мягкие минералы с твердостью 1 и 2 по шкале Мооса царапаются ногтем, средние царапаются стеклом, а твердые – напильником [13].

Цвет минералов разнообразен и определяется собственной окраской данного химического вещества или зависит от содержания различных примесей. Цвет для многих минералов строго постоянен. Их условно разделяют на светлые (кварц, полевые шпаты, гипс, кальцит и др.) и темные (роговая обманка авгит и др.). Цвет черты. Некоторые минералы имеют разный цвет в порошке и куске. Цвет минерала в порошке определяется с помощью фарфоровой пластинки. По ее шероховатой поверхности проводят черту испытываемым минералом. Минералы более твердые, чем фарфор (более 6,5), на цвет черты не испытываются.

Блеск – свойство минералов отражать лучи света. Блеск зависит в основном от показателя преломления и коэффициента абсорбции. Наблюдающиеся в минералах блески делятся на две группы. К первой группе относятся металлические (пирит, галенит) и металлоподобные блески. Они характерны для непрозрачных минералов, дающих черную, иногда бурую черту на фарфоровой пластинке. Вторая группа включает прозрачные, полупрозрачные или просвечивающие минералы с неметаллическим блеском. Среди неметаллических блесков выделяются алмазный (алмаз), стеклянный (кальцит), шелковистый (роговая обманка), перламутровый (талък), жирный или маслянистый (кварц на изломе), восковой (халцедон).

Спайность – свойство многих кристаллических минералов разрушаться с образованием блестящих плоскостей спайности в одном или нескольких направлениях. По степени совершенства различают весьма совершенную (слюда), совершенную (кальцит), среднюю (полевошпат), несовершенную (апатит) и весьма несовершенную (отсутствие) спайности (кварц). По характеристике спайности следует отмечать степень совершенства, число направлений спайности и углы между направлениями.

Излом. При разрушении минералов кроме плоскостей спайности образуются неровные поверхности излома. В зависимости от вида неровной поверхности выделяются раковистый (кварц), ступенчатый (кальцит), занозистый (роговая обманка) и землистый излом (каолинит).

Прозрачность. По степени прозрачности тонких пластинок минералов последние делятся на прозрачные (мусковит), полупрозрачные, просвечивающие (полевошпат) и непрозрачные (роговая обманка).

Плотность минералов колеблется в широких пределах от 0,5 до 21. Обычные по плотности минералы делятся на легкие (2,5), средние (2,5-4) и тяжелые (более 4). Наибольшее распространение имеют средние по плотности минералы.

Магнитностью обладают небольшое число минералов (магнетит и др.), содержащих в своем составе кобальт, никель, марганец и особенно железо.

Реакция с соляной кислотой характерна для минералов карбонатов. Под действием холодной разбавленной 10-процентной соляной кислоты на кристалл кальцита или на порошок доломита происходит реакция с выделением CO_2 .

2.1.3. Классификация минералов.

В настоящее время известно около 2000 минералов и их разновидностей. Однако широко распространены в земной коре всего несколько десятков минералов. Минералы из которых в основном состоят горные породы, называются породообразующими. Минералы, которые входят в состав руд и являются полезными ископаемыми, называются рудообразующими. Твердые полезные ископаемые подразделяются на рудные (металлы и их соединения) и нерудные (сырье для химической промышленности, стройматериалы и др).

По химическому составу минералы делятся на классы, важнейшие из которых следующие: самородные элементы, сульфиды, окислы и гидроксиды, галлоиды, карбонаты, сульфаты, фосфаты, силикаты [2].

К классу самородных минералов, встречающихся в природе в виде скопленений (месторождений) относятся платина, золото, алмаз, графит, сера, медь и др.

Минералы класса сульфидов в большинстве являются рудообразующими. Широко распространены сульфиды железа (пирит,), железа и меди (халькопирит), свинца (галенит), цинка (сфалерит), ртути (киноварь), молибдена (молибденит). Сульфиды в зоне выветривания разрушаются, поэтому их примесь снижает качество строительных материалов. Из окислов (оксиды и гидрооксиды) наиболее распространен кварц. Разновидностями кварца являются горный хрусталь (прозрачный), морион (дымчатый кварц), аметист (фиолетовый кварц), халцедон (загрязненный примесями халцедон называют кремнем), агат (полосчатая разновидность халцедона), опал. К окислам относятся некоторые минералы железных руд: гематит, магнетит, лимонит, или бурый железняк (гидроокисел). Окислами являются корунд (используемый как абразивный минерал) и его драгоценные разновидности – рубин, сапфир.

Из галоидов следует отметить галит (каменная соль), сильвинит (калийная соль), флюорит (соединения кальция с фтором). Минералы класса карбонатов являются породообразующими для осадочных горных пород. Наиболее распространены кальцит (прозрачная его разновидность называется исландским шпатом), магнезит, доломит, сидерит. Происхождение в основном экзогенное и связано с водными растворами. В контакте с водой они немного снижают свою механическую прочность, хотя и слабо, но растворяются в воде, разрушаются в кислотах.

Широко распространенными минералами класса сульфатов являются гипс и ангидрит (сульфаты кальция), реже встречаются сульфаты натрия – тенардит и мирабилит. К классу фосфатов относится апатит

Минералы класса силикатов наиболее многочисленны. Они входят в большинство горных пород и составляют около 85% массы земной коры. Из силикатов наиболее распространены полевые шпаты. Имеются калиевые полевые шпаты (ортоклаз и микроклин) и натриево-кальциевые, называемые плагиоклазами. В природе встречаются плагиоклазы как чисто натриевые (альбит) и чисто кальциевые (анортит), так и состоящие из смеси в различных соотношениях этих двух составных частей; они носят названия: олигоклаз, андезин, лабродор, битовнит (в порядке уменьшения содержания в них альбита и возрастания анортита). Плагиоклазы по содержанию кремнезема подразделяются на кислые (альбит, олигоклаз), средние (андезин) и основные (лабродор, битовнит). К силикатам относятся минералы нефелин и лейцит, сходные по составу с полевыми шпатами, но более бедные кремнеземом. Силикатными минералами являются также роговая обманка, авгит, оливин, гранат – все очень распространенные породообразующие минералы. Магнезиальными силикатами являются тальк, серпентин и его волокнистая разновидность – асбест. Силикатами являются и слюды (мусковит белая слюда, биотит – черная слюда), глинистые минералы (каолинит, хлорит, монтмориллонит).

Радиоактивность минералов. Различные радиоактивные химические элементы (уран 238, технеций 232 радий и др.) содержат 97 природных минералов. В минералах техногенных могут присутствовать также искусственно созданные

радиоактивные химические элементы – технеций, прометий, нептуний и др. Минералы и материалы с содержанием радиоактивных элементов дают излучение, интенсивность которого зависит от типа и количества этих элементов. Радиоактивные минералы наиболее часто присутствуют в гранитах и глинах, которые могут иметь довольно высокую «фоновую» радиоактивность, в то время как известняки и кварцевый песок обычно имеют низкую радиоактивность.

2.2. Классификация и свойства горных пород

Минералы группируются в некоторые естественные ассоциации, образующие горные породы. Горные породы представляют собой не случайные, а вполне закономерные сочетания минералов, которые встречаются в земной коре в виде геологических тел. По происхождению горные породы делятся на три группы: магматические (изверженные), осадочные и метаморфические.

Магматические горные породы образуются в результате застывания и кристаллизации магмы – сложного силикатного расплава, поднимающегося из верхней мантии Земли. Поднимаясь вверх, магма затвердевает как внутри земной коры, так и на ее поверхности.

Осадочные горные породы образуются на земной поверхности или вблизи нее в условиях относительно низких температур и давлений из продуктов разрушения ранее образованных горных пород, а также в результате жизнедеятельности организмов и путем выпадения химических осадков.

Метаморфические горные породы образуются в глубоких зонах земной коры в результате изменения (метаморфизма) магматических и осадочных пород под влиянием высоких температур и давлений

Горные породы всех трех групп различаются по совокупности их свойств: минеральному составу, цвету, структуре, текстуре.

Каждая горная порода характеризуется определенным минеральным составом. Горная порода может состоять из одного минерала (каменная соль, известняк) или из нескольких минералов (гранит, песчаник). В горной породе различают главные породообразующие минералы и второстепенные (акцессорные), слагающие менее 5% ее объема.

2.2.1. Магматические горные породы.

Магматические горные породы по условия образования подразделяются на два типа: интрузивные (глубинные), застывшие в толще земной коры среди других горных пород и эффузивные (вулканические, излившиеся), застывшие на земной поверхности в результате излияния магмы при вулканических извержения. Эффузивные породы образуются из той же магмы, что и глубинные, почему их называют аналогами глубинных пород. Большая часть силикатов (как правило, минералы магматических пород – это силикаты) имеют ковалентную связь между основными структурными элементами, что и создает высокую прочность магматических пород. На устойчивость магматических горных пород к выветриванию, на их прочностные и деформационные характеристики влияет не только минералогический состав, но и в большей степени их структурно-тектонические особенности.

Структура и текстура. Интрузивные и эффузивные горные породы различаются структурой и текстурой. Интрузивные породы застывают на больших глубинах в условиях высоких температур и давлений медленно и поэтому обладают полнокристаллической и крупнозернистой структурой. По относительному размеру минеральных зерен интрузивные породы имеют равномернозернистые структуры.

Эффузивные горные породы вследствие быстрого остывания в поверхностных условиях не успевают полностью кристаллизоваться и поэтому имеют неполнокристаллические и стекловатые структуры, а по абсолютному и относительному размеру минеральных зерен – мелкозернистые, тонкозернистые (скрытокристаллические-афанитовые) и неравномернозернистые структуры.

Все магматические горные породы имеют с точки зрения использования их в строительстве достаточно много общего между собой. Они имеют высокую прочность, нерастворимые в воде и практически водонепроницаемые в сохранном виде. Благодаря этому они широко используются в качестве оснований сооружений, особенно ответственных, поэтому более 30% всех высоких плотин на Земле построено на магматических горных породах.

Тем не менее существует ряд обстоятельств, которые приводят к осложнениям при строительстве на изверженных породах. Это, во-первых их трещиноватость и выветрелость. Во-вторых, чрезвычайно широкий диапазон изменений показателей физико-механических и деформационных свойств горных пород в зависимости от их состава и структуры.

Для современных эффузивных пород плотность в большей степени определяется структурно-текстурными особенностями, в несколько меньшей степени – химико-минеральными характеристиками. В общем, в зоне преобразования магматических горных пород, будь то интенсивное выветривание, складкообразование происходит существенное изменение, переформирование состава и структуры изверженных горных пород, а это влечет за собой заметное увеличение их пористости и трещиноватости, уменьшения плотности, снижение прочности, повышение деформативности, водопроницаемости, т.е. значительно ухудшает их инженерно-строительные характеристики.

Классификация магматических пород приведена в табл.8

Кислым породам свойственны такие минералы со светлой окраской, как кварц, ортоклаз, альбит, в которых полностью отсутствует оливин; в основных породах преобладают цветные минералы – авгит, роговая обманка, основные плагиоклазы – и отсутствует кварц. В ультраосновных породах отсутствует как кварц, так и полевые шпаты.

Кислые породы характеризуются наличием в них видимых минералов кварца и светлой окраской. К кислым изверженным породам относятся гранит, липарит, гранодиорит, дацит.

Граниты представляют собой равномернозернистую глубинную породу, состоящую из кварца (30%), калиевого полевого шпата – ортоклаза или микроклина (40%), плагиоклазов (20%) и темноцветных минералов – биотита и роговой обманки (5-10%).

Липариты -эффузивные кислые породы с неполнокристаллической основной массой и вкраплениями кварца, калиевого полевого шпата и плагиоклазов. Текстура этих пород массивная, пористая, флюидальная, пятнистая.

Средние породы – интрузивные сиениты, диориты и эффузивные трахиты – характеризуются серой окраской и отсутствием или малым содержанием кварца. Все интрузивные средние породы имеют полнокристаллическую равномернозернистую или порфировидную структуру и массивную, пятнистую, реже полосчатую текстуру.

Сиениты имеют светлосерую и розовато-серую окраску и сложены калиевым полевым шпатом (50-60%), альбитом, олигоклазом (25-30%) и темноцветными минералами – авгитом, биотитом, роговой обманкой (10-20%).

Диориты – темно-серые породы, сложенные средним плагиоклазом – андезином (70%) и роговой обманкой (до30%). В незначительных количествах присутствует биотит, авгит, иногда калиевый полевой шпат и кварц.

Трахиты по составу подобны сиенитам, но отличаются от них скрытокристаллической (афанитовой) структурой.

Основные породы характеризуются отсутствием кварца и калиевого полевого шпата. Цвет их темный, почти черный из-за большого количества входящих в них темноцветных минералов. Представлены они габбро, диабазами (глубинные породы) и базальтами (эффузивные породы).

Габбро – полнокристаллические крупно-среднезернистые почти черные породы, состоящие из основного плагиоклаза и пироксена (авгита). Встречаются породы, сложенные исключительно лабрадором, которые нося название лабрадоритов.

Диабазы – темные плотные породы с равномерно-мелко- и среднезернистой структурой, по составу однотипные габбро.

Базальты – также темные породы, но с афанитовой структурой и мелкими вкраплениями оливина и пироксена.

Ультраосновные породы – интрузивные по происхождению. Большинство ультраосновных пород состоит из одного темноцветного минерала – оливина, авгита, роговой обманки. Цвет их темный до черного или темно-зеленый. К ультраосновным породам относятся дуниты, перидотиты, пироксениты и кимберлиты.

Дуниты сложены в основном оливином, перидотиты -оливином и авгитом, пироксениты авгитом и другими пироксенами. Кимберлиты – породы, состоящие из скрепленных цементом обломков перидотитов, пироксенитов, зерен оливина, пироба (разновидность граната), флогопита и некоторых других минералов.

Отдельность. При остывании магмы в связи с изменением объема в породах возникают тончайшие трещины, которые разбивают массив на отдельные участки (формы). В зависимости от системы расположения трещин возникают отдельности: столбчатая (базальт), глыбовая (гранит), шаровая (диабаз) и др.

Строительные свойства магматических пород высокие. Это объясняется их минеральным составом и жесткими кристаллизационными связями в структурах. Наибольшей прочностью отличаются мелко- и равномерно-зернистые

структуры. При оценке качества следует отдавать предпочтение массивной текстуре. Полосчатое сложение и отдельности облегчают разработку, но в целом снижают качество породы. Трещиноватость пород сокращает количество выпускаемой каменной продукции, обуславливает фильтрацию подземных вод.

Формы залегания магматических пород. Глубинные горные породы залегают в виде батолитов – огромных массивов площадью до нескольких сотен километров, залегающие глубоко от земной поверхности; штоков – ответвлений от батолитов; лакколитов – грибообразных форм, образованных при внедрении магмы между слоями осадочных толщ.; жил, возникших при заполнении магмой трещин в земной коре, и др.

Для излившихся горных пород характерными являются купола – сводообразной формы; лавовые покровы, образовавшиеся в результате растекания магмы на поверхности Земли; потоки – вытянутые формы, возникшие в результате излияния магмы из вулканов. Среди интрузий наиболее распространенными являются породы кислого состава: граниты, гранодиориты, кварцевые диориты. Они лежат в основе строения древних кристаллических щитов: Балтийского, Украинского, Алданского.

Как известно, основными показателями физико-механических свойств магматических горных пород являются их плотность. Водопоглощение, временное сопротивление сжатию, деформационные характеристики. В типичных гранитах в сохранившем виде (в не выветрелых образцах) прочность примерно одинакова как в водонасыщенном, так и в воздушно-сухом состоянии.

Интрузивные породы основного состава типа габбро по распространению намного уступают гранитам. Довольно часто они встречаются на Урале, имеются на Кольском полуострове, Алтае.

Показатели физико-механических свойств габбровых пород лежат в очень широких пределах, что объясняется их неоднородностью по составу и значительным изменением при тектонических процессах. У базальтов, наибольшей прочностью обладают оливинные разновидности, наименьшей – авгитовые, при весьма существенном на нее особенностях структуры и текстуры пород. Трахиты имеют, как правило повышенную пористость, в связи с чем их плотность снижается до 2,2-2,6 г/см³, а средняя прочность на сжатие составляет не более 60-70 Мпа. Липариты отличаются прочностью и стойкостью к выветриванию.

2.2.2. Осадочные горные породы.

Образование осадочных горных пород. Это многостадийный процесс, в котором различают: разрушение, перенос, отложение и диагенез. Под действием выветривания, т.е. воздействия воды и резкой смены температур, а также в результате жизнедеятельности растений, животных и микроорганизмов идет разрушение пород, слагающих верхнюю часть земной коры. Монолитные горные породы постепенно раскалываются, многие минералы разрушаются и образуют другие минералы, устойчивые на поверхности Земли. Продукты разрушения переносятся водными потоками, ветром и ледниками и откладываются на дне океанов, морей озер, в долинах рек на равнинах и склонах гор.

Мощность толщ осадочных пород колеблется в широких пределах – в одних местах она очень мала, в других исчисляется километрами. Геологические свойства осадочных пород находятся в непосредственной зависимости от особенностей их состава, строения и состояния. Свойства осадочных горных пород складываются в процессе литогенеза. Под литогенезом принято понимать совокупность геологических процессов, определяющих современный состав, строение, состояние и свойства осадочных горных пород.

Процессы литогенеза достаточно условно подразделяются на ряд стадий:

- гипергенез – выветривание – разрушение кристаллических и других пород, образование новых минералов, обломков пород, обломков минералов, коллоидных и истинных растворов;

- седиментогенез – перенос и отложение материала – образование осадка;

- диагенез – превращение осадка в осадочную породу;

- катогенез – начальное изменение осадочной породы;

- метагенез – глубокое изменение осадочной породы – образование метаморфизованных осадочных пород.

Последние две стадии иногда объединяются под одним понятием – эпигенез.

Минеральный и химический состав. В образовании осадочных пород, кроме минералов, из которых формировался рыхлый осадок (кварц, полевые шпаты и др.), принимают участие минералы, возникающие в данной породе в процессе ее существования (кальцит, каолинит и др.) Во многих случаях они играют существенную роль. Осадочные породы разнообразны по химическому составу. Это могут быть алюмосиликаты, карбонаты, оксиды, сульфаты и др.

Структура осадочных пород разнообразна. Почти каждый тип породы имеет свою, присущую ему структуру. Для рыхлых пород характерны обломочные структуры, для сцементированных – брекчиевые и т.д.

Пористость типична для всех осадочных пород, за исключением некоторых плотных химических осадков. Поры мелкие, крупные и в виде каверн. Общая пористость может быть велика, например, суглинки – 40-50%, пески – 35-40% и т.д. В породах могут располагаться вода, газ, органический материал.

Слоистость. Осадочные породы залегают в виде слоев, которые образуются в процессе периодического накопления осадков водной и воздушной среде. В составе слоя может быть микрослоистость, отражающая осадконакопление в разные времена года. Микрослоистость характерна для озерных и речных отложений.

При резком различии слоев по составу, более или менее постоянной мощности и сравнительно большой занимаемой площади слои называют пластами. В таком случае слои (пласты) обычно ограничены с двух сторон четко выраженными поверхностями, которые называют плоскостями напластования. Причем верхнюю плоскость называют – кровлей, нижнюю – ложе. А расстояние между ними – мощностью слоя (пласта). Комплекс слоев, объединенных сходством состава или возраста, нередко называют толщей.

Классификация осадочных пород (табл.9). Осадочные породы принято подразделять на три основные группы: 1 обломочные, 2 химического происхо-

ждения (хемогенные), Зорганогенные, возникшие в результате жизнедеятельности организмов. Это деление несколько условно, так как многие породы имеют смешанное происхождение, например, известняки содержат в своем составе материал органогенного, химического и обломочного характера.

Обломочные породы. Породы обломочного происхождения состоят из продуктов механического разрушения магматических и метаморфических пород, а также ранее образовавшихся осадочных пород (песчаников, известняков и др.).

В таблице 9 приведена основная классификация обломочных пород. В ее основе: размеры обломков -грубые, песчаные, пылеватые, глинистые; внешние очертания обломков (угловатые или окатанные) и наличие структурных связей между обломками (рыхлые скопления или сцементированные между собой обломки).

Следует отметить, что глинистые частицы к обломкам отнесены условно, так как их происхождение больше связано с химическими процессами и меньше с механическим разрушением.

Окатанность возникает в процессе переноса обломков водой. В природе чаще всего встречаются скопления, состоящие из обломков разного размера. Название обломочных пород при этом дается по обломкам, которые в породе занимают более 50%.

Грубообломочные породы. В их состав входят угловатые (глыбы, щебень, дресва) и окатанные (валуны, галька, гравий) обломки различных горных пород.

Песчаные породы – рыхлые накопления, состоящие из обломков минералов песчаного размера (2-0,05 мм). Таких частиц в породе должно быть не менее 50%. По крупности частиц пески подразделяют на крупные (2-0,5 мм), средние (0,5-0,25 мм), мелкие (0,25-0,1 мм) и пылеватые (мнее0,1 мм). В песках преобладают минералы, наиболее устойчивые к выветриванию (кварц, слюды и др.).

Мономинеральные пески, например, кварцевые, встречаются редко. «Вредными» в строительном отношении примесями являются оксиды железа, гипс, слюды, глинистые частицы. Происхождение песков – речное, ветровое, морское и т.д.

Глинистые породы. Глинистые частицы являются основными составными частями супесей, суглинков и глин. Каждая из этих пород в зависимости от количественного взаимоотношения пылеватых и глинистых частиц имеет свои разновидности. Так супесь бывает легкая крупная, легкая пылеватая, тяжелая пылеватая; суглинки – легкие, легкие пылеватые, тяжелые, тяжелые пылеватые, жирные.

Глинистые грунты составляют около 50% общего объема осадочных пород и чаще всего являются основаниями различных зданий и сооружений. Глинистые и пылеватые грунты называют связными грунтами, обломочные несцементированные -несвязными грунтами. К связным относят различные глины, суглинки, супеси лессы и лессовидные породы. Все они формируются преимущественно под влиянием процессов выветривания и денудации, когда наряду с

агентами физического выветривания активно действуют агенты химического выветривания.

Связные породы обладают целым рядом свойств, значительно отличающих их от других грунтов. К числу наиболее характерных особенностей следовало бы отнести изменение их свойств в зависимости от влажности. Так, с ростом влажности прочность резко снижается, в сухом же состоянии эти породы способны выдерживать без разрушения весьма значительные нагрузки.

При большом содержании воды порода вообще способна перейти в текучее состояние. Связные грунты при определенной влажности проявляют пластичность и липкость, они набухают при увлажнении и дают усадку при высыхании. Пористость обычно высокая, однако, несмотря на это, водопроницаемость незначительная, так как пористость породы сформирована преимущественно замкнутыми микропорами.

По петрографическому составу глинистые грунты можно разделить на глины, суглинки и супеси.

К глинам относят породы, у которых содержание глинистых частиц превышает 30%. Встречаются глины, обладающие высокой дисперсностью, у них количество глинистых частиц может достигать 60% и более. Минеральный состав: каолинит, монтмориллонит, кварц, слюды, полевые шпаты. Цвет белый, темно-серый и черный, желто-бурый, голубовато-зеленый и др. Структура микрокристаллическая, землистая, текстура микропористая часто слоистая. При увлажнении набухают, становятся пластичными, при высыхании дают усадку и переходят в твердое состояние.

Содержание глинистых частиц у суглинков меньше, чем у глин – около 10-30% в связи с этим количество коллоидов тоже не так велико. Мономинеральных разностей среди суглинков не встречается. Свойства, характерные для глинистых пород, выражены в суглинках менее ярко.

Супеси содержат от 3 до 10% глинистых частиц, вследствие чего по своим свойствам они занимают как бы промежуточное положение между глинами и песчаными грунтами. Практически глину, суглинок и супесь различают по числу пластичности.

Пески имеют широкое распространение. По величине зерна пески подразделяются на грубозернистые (2-1 мм), крупнозернистые (1-0,5 мм), среднезернистые (0,5-0,25 мм), мелкозернистые (0,25-0,1 мм). При описании песков, следует указывать величину и характер окатанности зерен, минеральный состав и окраску. Минеральный состав песков разнообразный: наиболее распространены кварцевые (до 90% кварца), реже встречаются аркозовые (преобладают кварц и полевой шпат), глауконитовые (кварц 20-40%), глауконит (60-80%), железистые (зерна кварца покрыты корочкой лимонита), полиминеральные. В песках встречаются слюды, роговая обманка, авгит, обломки карбонатных пород и вулканического стекла. Цвет зависит от минерального состава желтый, зеленый, бурый, иногда черный. Свойства песков зависят от зернового состава. По коэффициенту пористости пески подразделяются на рыхлые, средней плотности и плотные. Песок – некальный несвязный грунт.

Лесс, лессовидный суглинок, лессовидная супесь. Лесс – просадочный грунт. При замачивании сокращается в объеме и проседает от собственного веса на 1-7 см на 1 м толщи. Лесс содержит более 50% пылеватых и до 30% глинистых частиц, имеет светло-желтую окраску, вертикальные микропоры. Минеральный состав: преимущественно инертные минералы – кварц, полевые шпаты, слюды, глинистые – каолинит, реже монтмориллонит, а также растворимые – гипс и кальцит. Легко размывается водой, вскипает от действия 10%-ной соляной кислоты, в сухом состоянии пальцами растирается в порошок.

Конгломерат. Цементированная крупнообломочная порода, содержащая окатанные обломки. Структура обломочная, разнозернистая, текстура беспорядочная. Минеральный состав обломков зависит от состава исходной породы, как правило, это обломки прочных магматических, метаморфических или осадочных пород. Природными цементами могут быть кальцит, глина, кварц, халцедон, опал, окислы железа.

Брекчия. Цементированная крупнообломочная порода с преобладанием остроугольных обломков, скрепленных природным цементом. Структура угловато-обломочная, разнозернистая, текстура беспорядочная. Минеральный состав и состав природных цементов аналогичны конгломератам.

Песчаник. Цементированный песок. Цементирующим веществом могут быть кальцит, гипс, глина, кварц, халцедон, опал, водные окислы железа и др. На ощупь грубый. Структура зернистая. Сложение плотное. Минеральный и зерновой составы аналогичны пескам. По относительной величине зерен различают равномерно-и разнозернистые песчаники, а по их преобладающему размеру грубо-, средне- и мелкозернистые разновидности. Цвет и прочность зависят от минерального состава зерен и вида цемента.

Алевролит. Алевролит пылеватая цементированная порода. Минеральный состав аналогичен алевролитам. Цвет различный, чаще серый до черного, бурый красноватый. Структура пылевато-глинистая, Текстура массивная, тонкослоистая, в воде размокает медленно, при этом не становится пластичным.

Аргиллит. Глинистая цементированная порода. Минеральный состав аналогичен пелитам. Цвет различный. Структура глинистая. Текстура плотная, тонкослоистая или тонкоплитчатая. В воде медленно размокает, не приобретает пластичности. При увлажнении иногда издает землистый запах. От алевролита отличается размером преобладающих частиц.

Породы химического и органического происхождения. Известняк состоит главным образом из кальцита или кальцитовых скелетных остатков организмов, иногда с примесью (до 20%) глинистых, пылеватых или песчаных частиц. Структура обломочная. Текстура пористая, зависит от происхождения (органогенное, химическое, смешанное). Выделяют крупно-, средне-, мелко-, мелкозернистые, неравномернозернистые, афанитовые, землистые и другие разновидности. Чистые известняки белые, желтоватые, различные примеси окрашивают их в серые, розовые, черные и другие цвета. Отличительная особенность: известняки бурно вскипают от капли 5%-ной соляной кислоты, причем на их поверхности после реакции не остается грязного пятна. Структура известняков химического происхождения обычно микрозернистая. Пористый или ячеистый извест-

няк, образованный в результате отложения кальцита из источников, получил название туф известковый, а его плотная разновидность – травертин.

Мел. Обычно белая, сцементированная порода, состоящая из 60-70% кальцитовых остатков морских планктонных водорослей и 30-40% тонкозернистого порошкообразного кальцита. Содержание примесей не более 1%. Отличительные особенности: бурно вскипает при действии 5%-ной соляной кислоты; имеет белый, реже желтоватый или зеленоватый цвет, пачкает руки, пишет, содержит большое количество ходов илоедов.

Доломит. Состоит из минерала доломит (75%). Строение плотное, структура скрытокристаллическая. Цвет белый, желтоватый, серый, зеленоватый, красноватый. С 10%-ной соляной кислотой реагирует только в порошке или при нагревании.

Мергель. Имеет смешанный карбонатно-глинистый состав. Содержит из 50-70% кальцита (реже доломита) и 25-50% глинистых частиц. Структура землистая, текстура массивная. Цвет белый, серый, розовый, желтоватый, красноватый. Зеленоватый, пестрый. Вскипает при действии 10%-ной соляной кислоты. Капли кислоты после реакции оставляют на поверхности породы грязное пятно (характерное отличие от известняка).

Кремнистые породы. Диатомит. Представляет собой скопление микроскопических скелетных диатомовых водорослей, состоящего из водного кремнезема (опала). Строение землистое, рыхлое или сцементированное. Цвет белый, желтоватый, светло-серый. Текстура пористая. Отличительные особенности: легкий, жадно впитывает воду, прилипает к влажному пальцу, растирается пальцами в тончайшую пудру, не вскипает при действии соляной кислоты.

Трепел. Состоит из мельчайших зернышек опала химического происхождения (отличие от диатомита), видимых только под микроскопом. Внешне похож на диатомит.

Опока. Сложена опалом с примесью глинистых минералов и скелетных остатков микроорганизмов. Очень легкая порода. Цвет серый, голубоватый, иногда черный. Часто окраска пятнистая. Отличительные особенности: при ударе опока колется со звонящим звуком на мелкие остроугольные обломки, обладающие раковистым изломом, не вскипает при действии соляной кислоты. Похоже на диатомит и трепел, но отличается большей твердостью.

Яшма. Сложена скрытокристаллическим и аморфным кремнеземом (кварц, халцедон, опал). Часто содержит остатки микроскопически мелких животных – радиолярий и примеси глинозема, извести, соединений металлов. Цвет разнообразный (красный, зеленый, желтый, коричневый пестрый и др.). Отличительные особенности: высокая прочность, разноцветная полосчатая текстура, раковистый излом.

Сернокислые породы. Из этой группы пород наиболее хорошо распространены гипс и ангидрит. Гипс – порода, сложенная одноименным минералом. Имеет небольшую твердость (чертится ногтем), белый, серый, желтый или розовый цвет. Встречается в виде кристаллически-зернистых масс, отдельных зерен или друз кристаллов в различных осадочных породах. Ангидрит – плотная порода серого или голубовато-серого цвета, состоящая из одноименного мине-

рала. Образуется путем осаждения из воды в соляных лагунах, озерах. Встречается в виде линз и пластов иногда большой мощности (сотни метров).

К галоидным породам относятся каменная соль (галит) и сильвинит. Образуются они в соленых озерах, лагунах, где накапливаются иногда слои мощностью в сотни метров. Галит представляет собой кристаллическую или сливную массу. Цвет породы в чистом виде – белый, голубой. Сильвинит состоит из смеси галита и сильвина, имеет молочно-белый или красный цвет; используется в качестве удобрения.

Железистые породы состоят из рудных минералов – окислов (лимонита), карбонатов (сидерита), сульфидов (пирита) железа. Широко распространены окислы железа, образующиеся путем выпадения из воды в морях, озерах, болотах (бурые железняки).

Фосфатные породы осадочного происхождения представлены фосфоритами. Часто фосфориты образуются на дне морей в виде шаровых скоплений – конкреций. Цвет их серый, буроватый, черный. Фосфориты являются сырьем для получения удобрений.

Углеродистые породы (горючие ископаемые). К этой группе относятся торф, уголь, битуминозные породы. Торф – довольно рыхлая порода бурого или черного цвета, состоящая из полуразложившихся остатков растений. Образуются в болотах. Угли – породы, образовавшиеся из растительных остатков, накапливающихся на дне мелких водоемов. Разновидности углей: бурый уголь – плотная темно-бурая или черная порода, дающая бурую черту, блеск матовый; каменный уголь – хрупкая порода черного цвета, черта черная или матовая, пачкает руки, блеск жирный; антрацит – плотная порода черного цвета с полуметаллическим блеском, рук не пачкает, состоит почти из чистого углерода и образуется из растительных остатков путем воздействия на них высоких температур и давлений. Битуминозные породы – темные и черные, образуются из нефти при ее окислении. При накоплении битумов одновременно с тонкими илами образуются горючие сланцы. Примером битуминозных пород являются природные асфальты.

2.2.3. Метаморфические горные породы.

Осадочные и магматические породы, попадая в глубокие зоны земной коры, претерпевают под влиянием высокой температуры, давления и поднимающихся из глубоких недр горячих водных растворов или газов. Изменения могут происходить и вблизи поверхности Земли под действием тепла внедрившихся интрузивных масс. Эти изменения заключаются в перекристаллизации вещества, замещении одних минералов другими, образовании новых структур и текстур. Вновь образованные горные породы называются метаморфическими, а процесс преобразования ранее существующих осадочных и магматических пород в метаморфические – метаморфизмом.

Метаморфические породы состоят из возникающих при метаморфизме минералов, устойчивых в условиях высоких температур и давлений: кварца, калиевого полевого шпата, плагиоклазов, мусковита, биотита, роговой обманки, авгита, магнетита, серицита (тонкочашуйчатая разновидность мускавита), хло-

рита, талька серпентина, граната, графита и др. Структура их – кристаллическая, текстура – сланцеватая (зерна вытянуты по длинным осям в одном направлении, перпендикулярном действовавшему направлению), полосчатая (чередуются полосы из зерен различного минерального состава), массивная, очковая (на фоне мелкокристаллической массы имеются округлые или овальные зерна).

В зависимости от характера и масштаба действующих факторов, определяющих вид метаморфизма, выделяются следующие метаморфические породы.

1. Породы регионального метаморфизма, характеризующиеся сланцеватыми текстурами; в зависимости от степени метаморфизма они представлены глинистыми и кровельными сланцами, кристаллическими сланцами и гнейсами, кварцитами, амфиболитами.

2. Породы динамометаморфизма, обычно с очковыми и сланцеватыми текстурами, например: метаморфические брекчии, милониты.

3. Породы контактного метаморфизма, имеющие несланцеватую текстуру; к ним относятся роговики, скарны, грейзены.

Глинистые сланцы – слабо метаморфизованные породы, образующиеся из глин. Это плотные сланцеватые породы серого или темносерого цвета, состоящие из гидрослюд, хлорита, каолинита, кварца, полевых шпатов. При большой степени метаморфизации глин образуются кровельные, или аспидные сланцы – черные плотные породы, состоящие из серицита, гидрослюд, кварца и хлорита с примесью органического вещества; они раскалываются по сланцеватости на ровные плитки.

При средней и частично сильной степени метаморфизации различных пород образуются кристаллические сланцы. Различают ортосланцы, образовавшиеся из магматических пород, и парасланцы – из осадочных. По преобладающему в сланцах минералу их называют слюдяными, хлоритовыми, тальковыми, кварц-серицитовыми, амфиболитовыми и т.д. Кристаллические сланы характеризуются сланцеватой текстурой, цвет их самый различный и обусловлен цветом слагающих их главных минералов или реже -примесей.

Так, на низшей стадии метаморфизации габбро и базальтов образуются зеленые сланцы, состоящие из хлорита, альбита и других цветных силикатных минералов. Дальнейшая их метаморфизация приводит к образованию амфиболитов – массивных крепких пород сланцеватой и волокнистой текстуры, состоящей из роговой обманки и плагиоклозов и имеющих цвет темно-серый до черного.

Гнейсы – сильнометаморфизованные горные породы, образовавшиеся из осадочных (парагнейсы) или магматических (ортогнейсы) пород. Гнейсы состоят преимущественно из кварца и полевых шпатов. Они имеют полосчатую (гнейсовую), реже сланцевую или очковую текстуру, кристаллическую, средне- или крупнозернистую структуру.

При метаморфизме кварцевых песков и песчаников образуются кварциты – крепкие горные породы, состоящие из прочно сцементированных зерен кварца. Кварциты обладают массивной, реже сланцеватой текстурой.

Железистые кварциты образуются в результате глубокой метаморфизации осадочных или вулканогенно-осадочных кварцево-железистых пород; представляют собой слоистую тонкополосчатую породу, в отдельных тонких слоях которой преобладает или кварц, или железистые минералы – магнетит, гематит и др. При содержании железа более 30% являются промышленной рудой; особенно велики запасы подобных руд в Курской магнитной аномалии.

Роговики – породы, образующиеся в результате воздействия интрузивных масс на вмещающие породы. Роговики представляют собой очень крепкие мелкозернистые породы массивной текстуры; в состав их входят кварц, слюда, полевые шпаты, гранат и др.

Скарн -породы, образующиеся на контакте карбонатных и интрузивных пород и состоящие из пироксенов, плагиоклазов, граната, рудных минералов. В скарнах содержится много полезных ископаемых (медь, железо, олово, молибден, вольфрам, свинец, цинк и др.).

Грейзены возникают в результате изменения интрузивных и осадочных пород преимущественно кислого состава при действии на них газов и гидротермальных растворов, выделяемых интрузивным телом. Они имеют крупнокристаллическую структуру, сложены кварцем, светлыми литиевыми слюдами, флюоритом, топазом и некоторыми рудными минералами.

Мраморы – породы, состоящие из кальцита и образующиеся при метаморфизме известняков. Мраморы имеют зернисто-кристаллическую структуру, массивную текстуру. Цвет мраморов преимущественно белый, светло-серый, розовый.

Метаморфические породы содержат много полезных ископаемых – железо, медь, вольфрам, и другие цветные и редкие металлы, слюды, асбест, тальк, строительные и отделочные материалы и др.

2.3. Тектонические движения

Тектонические движения в земной коре проявляются постоянно. В одних случаях они медленные, малозаметные для глаза человека, в других – в виде интенсивных бурных процессов. В истории земной коры таких тектонических активизаций было несколько.

Подвижность земной коры в значительной степени зависит от характера ее тектонических структур. Наиболее крупными структурами являются платформы и геосинклинали. Платформы относятся к устойчивым, жестким, малоподвижным структурам. Им свойственны выровненные формы рельефа. Снизу они состоят из жесткого неподдающегося складчатости участка земной коры (кристаллического фундамента), над которым горизонтально залегает толща ненарушенных осадочных пород. Типичным примером древних платформ служат Русская и Сибирская. Платформам свойственны спокойные, медленные движения вертикального характера. В противоположность платформам геосинклинали представляют собой подвижные участки земной коры. Располагаются они между платформами и представляют собой как бы их подвижные сочленения. Для геосинклиналей характерны разнообразные тектонические движения, вул-

канизм, сейсмические явления. В зоне геосинклиналей происходит интенсивное накопление мощных толщ осадочных пород.

Тектонические движения земной коры можно разделить на три основных типа:

-колебательные, выражающиеся в медленных поднятиях и опусканиях отдельных участков земной коры и приводящие к образованию крупных поднятий и прогибов;

-складчатые, обуславливающие смятие горизонтальных слоев земной коры в складки;

-разрывные, приводящие к разрыву слоев и массивов горных пород.

Колебательные движения. Отдельные участки земной коры на протяжении многих столетий поднимаются, другие в это же время опускаются. Со временем поднятия сменяется опусканием, и наоборот. Колебательные движения не изменяют первоначальных условий залегания горных пород, но геологическое значение их огромно. От них зависит положение границ между сушей и морями, обмеление и усиление размывающей деятельности рек, формирование рельефа и многое другое.

Различают следующие виды колебательных движений земной коры: 1. Прошедших геологических периодов; 2. Новейшие, связанные с четвертичным периодом; 3. Современные.

Для инженерной геологии особый интерес представляют современные колебательные движения, вызывающие изменение высот поверхности земли в данном районе. Для надежной оценки скорости их проявления применяют геодезические работы высокой точности. Современные колебательные движения наиболее интенсивно происходят в районах геосинклиналей.

Иногда накопленные осадки в условиях интенсивного прогибания сминаются в складки. Глубина зрелища после выведения пород на поверхность оказывается различной для разных стратиграфических границ. Поэтому на поверхности размыва обнажаются породы разного возраста, на которых в условиях трансгрессии накапливаются молодые осадки. Современные тектонические движения земной коры изучает наука неотектоника.

Складчатые движения. Осадочные породы первоначально залегают горизонтально или почти горизонтально. Это положение сохраняется даже при колебательных движениях земной коры. Складчатые тектонические движения выводят пласты из горизонтального положения, придают им наклон или сминают в складки. Так возникают складчатые дислокации. Все формы складчатых деформаций образуются без разрыва сплошности слоев (пластов). Это их характерная особенность. Основными среди этих дислокаций являются: моноклираль, флексура, антиклираль и синклираль.

Моноклираль является самой простой формой залегания пород и выражается в общем наклоне слоев одну сторону.

Флексура – коленообразная складка, образуемая при смещении одной части

Толщи пород относительно другой без разрыва сплошности.

Антиклиналь - складка, обращенная своей вершиной вверх, и синклинали – складка с вершиной, обращенной вниз. Бока складок называются крыльями, вершины – замком, а внутреннюю часть – ядром. Следует отметить, что горные породы в вершинах складок всегда бывают трещиноваты, а иногда даже раздроблены.

Разрывные движения. В результате интенсивных тектонических движений могут происходить разрывы сплошности пластов. Разрывные части пластов смещаются относительно друг друга. Смещение происходит по плоскости разрыва, которая проявляется в виде трещины. Величина амплитуды смещения бывают различной -от сантиметров до километров. К разрывным дислокациям относятся сбросы, взбросы, горсты, грабены и надвиги. Сброс – тектоническое нарушение, при котором лежащее крыло поднято или находится под сместителем, а висящее опущено или на сместителе. Поднятие, ограниченное двумя сбросами, падающим в разные стороны, называются горстами. Депрессии, ограниченные падающими навстречу друг другу сбросами или разломами называются грабенами. Взброс (надвиг) – тектонический разрыв, при котором лежащее крыло опущено, а висящее поднято, в результате надвига молодые отложения могут быть сверху перекрыты породами более древнего возраста. Сдвигами называются разрывы, в результате которых образовавшиеся крылья перемещаются в горизонтальном направлении. Разлом (геологический) – это разрыв сплошности пластов и массивов горных пород; Спрединг – раздвижение литосферных плит с образованием молодой океанической земной коры; Субдукция – поддвижение одной литосферной плиты под другую; Очаги глубокофокусных землетрясений располагаются в зонах спрединга (на границах расходящихся литосферных плит). Очаги мелкофокусных землетрясений располагаются на границах раздвигающихся литосферных плит. Современная глобальная геологическая теория занимается тектоникой литосферных плит.

2.4. Формы залегания осадочных пород

При изучении геологических условий строительных площадок необходимо установить пространственное положение пластов. Пластом (слоем) называется геологическое тело, сложенное однородной породой, ограниченное двумя параллельными поверхностями напластования, имеющие примерно постоянную мощность и занимающие значительную площадь. Название пласта обычно определяется составом слагающих пород. Поверхность, ограничивающая пласт снизу, называется его подошвой, сверху – кровлей. В серии или пачке пластов кровля нижележащего пласта является одновременно подошвой покрывающего пласта. Толщина пласта называется его мощностью. Обычно различают истинную, вертикальную и горизонтальную мощность. Истинная мощность – кратчайшее расстояние между кровлей и подошвой пласта. Вертикальная мощность – расстояние по вертикали от любой точки кровли до подошвы пласта. Горизонтальная мощность – расстояние по горизонтали от любой точки кровли до подошвы пласта. Мощность пластов может быть относительно постоянной (выдержанности) и непостоянной (изменчивой). При изменении мощности

пласта наблюдаются явления раздува – резкого местного увеличения мощности и пережима – резкого местного уменьшения мощности.

Элементы залегания слоя. Пространственное положение пласта характеризуется его простиранием и падением. Простирание – линия пересечения кровли пласта с горизонтальной плоскостью; положение этой линии относительно сторон света определяется азимутом простирания. Падение – наклон пласта к горизонтальной плоскости, характеризуется направлением падения и углом падения. Угол падения – угол между плоскостью (поверхностью) пласта и горизонтальной плоскостью. Направление, или азимут падения и угол наклона (падения) определяются горным компасом и измеряются в градусах. Азимут падения всегда перпендикулярен к простиранию пласта. Азимут простирания, падения и угол падения называются элементами залегания пласта и определяют его положение в пространстве.

Измерять элементы залегания пород необходимо для изучения геологического строения недр в местах естественных выходов пород на поверхность. Эти выходы, или обнажения пород позволяют установить не только состав пород, но и взаимное расположение и особенности залегания пластов, сложенных ими. Взаимное положение пластов может быть согласным или несогласным. При согласном залегании пород границы пластов практически параллельны. Такое положение границ сохраняется и при наклонном и при складчатом залегании пластов. Характерной особенностью согласного залегания, кроме того, является последовательное залегание более молодых пластов на более древних. Формирование пород происходило в условиях последовательного погружения и непрерывного накопления осадков.

При более сложном геологическом развитии пород могут оказаться в условиях несогласного залегания. Особенностью этого вида залегания является наличие в разрезе так называемой поверхности размыва, свидетельствующей о наличии перерыва в осадконакоплении. По этой поверхности происходит контакт пород со значительной разницей в возрасте (стратиграфическое несогласие). Параллельное несогласие выражается перерывом слоев, залегающих параллельно. Угловое несогласие выражается перерывом между двумя комплексами слоев, имеющими различный угол наклона. Такое несогласие обычно отчетливо отображается как в естественных вертикальных разрезах, так и в выходах на поверхность Земли.

Контрольные вопросы

1. Химический состав и физические свойства минералов;
2. Происхождение минералов. Минералы магматических пород;
3. Минералы осадочных пород. Искусственные минералы;
4. Магматические горные породы, их происхождение и классификация;
5. Форма залегания магматических горных пород в земной коре, их минеральный состав, структура, текстура, трещины и блоки, отдельности в массиве магматических горных пород;

6. Осадочные горные породы, их наименование, размеры и формы залегания в земной коре;
7. Минеральный состав, структура и текстура осадочных горных пород;
8. Классификация грунтов по ГОСТ 25100-95;
9. Обломочные горные породы, их наименование, размеры и форма слагающих частиц, характер взаимосвязи между зёрнами;
10. Главные инженерно-геологические особенности обломочных горных пород;
11. Осадочные хемогенные и органогенные горные породы, классификация по происхождению, особенности состава, структура и текстура;
12. Главные инженерно-геологические особенности хемогенных и органогенных горных пород;
13. Метаморфические горные породы, их происхождение, форма залегания, минеральный состав, структура, текстура и свойства в образце и массиве;
14. Абсолютный и относительный возраст горных пород. Метод определения возраста горных пород. Шкала геологического времени;
15. Тектонические движения земной коры. Складки, трещины и разрывы в земной коре.

Глава 3 Основы геоморфологии. Факторы формирования рельефа

3.1. Общие сведения о рельефе

Рельефом называют совокупность форм земной поверхности (гор, равнин, впадин и пр.), различных по размерам, строению и происхождению, находящихся на разных стадиях развития, в сложных сочетаниях друг с другом и в сложных взаимосвязях с окружающей средой [7].

Формами рельефа называют природные тела и полости, простейшие из которых можно приближенно сравнить с геометрическими фигурами (конусом, пирамидой, призмой). Сложные формы рельефа представляют собой сочетание простых форм и могут достигать очень больших размеров, например, материк, впадина моря, горная страна и т.д.

Элементами форм рельефа являются: грани – поверхности склонов, ребра – линии сочленения граней, линии водоразделов, подошвы склонов, тальвегов, бровок; точки вершин, седловин, устья долин, оврагов и пр.

Тип рельефа – определенное сочетание форм, закономерно повторяющихся на обширных территориях и имеющих сходство происхождения, строения, развития. Наиболее часто тип рельефа выделяется по генетическому признаку.

Классификация рельефа может быть приведена по ряду признаков [8].

По внешним (морфологическим) признакам и по соотношению с прилежащим пространством формы рельефа делят на положительные и отрицательные с дальнейшим их подразделением на замкнутые и незамкнутые; выделяют формы плоские (нейтральные). Положительными называют формы, возвышающиеся над прилегающей местностью (гора, холм, материк над дном океана), отрицательными – пониженные по отношению к прилегающим территориям (воронка, котловина, долина, впадина). Плоская равнина, лишенная ощутимых уклонов, может быть названа нейтральной.

Замкнутыми формами рельефа считают те, которые ограничены со всех сторон склонами или линиями (подошвы, бровок и др.). Примером замкнутой положительной формы может служить гора, имеющая ограничивающие ее склоны и отчетливо выраженную замкнутую линию подошвы, а отрицательной – карстовая воронка, часто отчетливо ограниченная замкнутой линией бровок. Незамкнутые формы рельефа обычно лишены склонов с одной стороны, иногда с двух сторон (овраг).

По размерам формы рельефа можно подразделить на следующие: 1. Величайшие (планетарные) формы. Горизонтальные размеры их определяются миллионами квадратных километров. По вертикали средняя разница в отметках между отрицательными и положительными формами рельефа достигают 2500-6500 м. Положительные формы рельефа – материки, отрицательные – впадины океанов. Целесообразно выделять переходные формы, которые должны включать материковую отмель (шельф) и материковый склон. 2. Крупнейшие (мега) формы. Горизонтальные размеры определяются десятками и сотнями тысяч квадратных километров. По вертикали разница в отметках между положительными и отрицательными формами рельефа достигает 500-4000 м, максимальная

не выходит за пределы 11000 м. Положительные формы – нагорье, горные страны, подводные хребты (Срединно-Атлантический хребет, Гавайский подводный хребет), обширные возвышенности (Приволжская) и т.д. Отрицательные формы рельефа – обширные впадины (Бразильская, Аргентинская) и котловины на дне океанов, Прикаспийская низменность и др. 3. Крупные (макро)формы. Горизонтальные размеры определяются сотнями и тысячами квадратных километров. По вертикали разница в отметках между положительными и отрицательными формами может достигать 200-2000 м. Положительные формы рельефа – горные хребты (Чаткальский, Триалетский), горные узлы, вершины, отдельные горы и т.д. Отрицательные – большие долины, впадины (оз. Байкал), некоторые подводные желоба и т.д. Эти формы рельефа отчетливо выражаются на картах.

По происхождению (генезису) рельеф поверхности литосферы подразделяют на две большие группы:

1. Формы, обусловленные деятельностью внутренних (эндогенных) сил,
2. Формы, обусловленные деятельностью внешних (экзогенных) сил. Первые, в свою очередь, подразделяются на формы, связанные с движениями земной коры, и вулканогенные. Вторые подразделяются на формы, обусловленные процессами выветривания, развитием вечной мерзлоты, деятельностью текучих вод, подземных вод, моря, снега и льда, ветра, растений, животных, человека. Большинству рельефообразующих агентов присуща разрушительная, транспортирующая и аккумулятивная деятельность. Следовательно, под действием одного и того же геологического агента возникают формы рельефа, обусловленные разрушением земной поверхности, формы, образующиеся в результате накопления принесенного вещества. Общим термином для разрушительной деятельности внешних геологических агентов является деструкция, транспортировку (смыв, снос) называют денудацией, а накопление вещества – аккумуляцией.

4. Средние (мезо) формы. Горизонтальные размеры определяются сотнями и тысячами квадратных метров. Относительная разность высот – до 200-300 м, но обычно измеряется метрами и десятками метров. Положительные формы рельефа – холмы, террасы в долинах рек и т.д. Отрицательные – большие карстовые воронки, овраги, балки, котловины небольших озер и т.д.

5. Мелкие (микро) формы. Горизонтальные размеры этих форм рельефа определяются квадратными метрами и сотнями квадратных метров. Относительная разность высот измеряется метрами и реже десятками метров. Положительные формы рельефа – небольшие бугры, прирусловые валы, курганы, дорожные насыпи, конусы выноса и т.д. Отрицательные формы – промоины, мелкие овраги, небольшие карстовые воронки, дорожные выемки и т.д.

6. Очень мелкие (нано)формы. Горизонтальные размеры определяются квадратными дециметрами и метрами. Относительная высота определяется дециметрами, но может достигать 1-2 м. На картах крупных масштабов передаются условными знаками, аи только в особых случаях отдельные формы рельефа могут быть переданы горизонталями дополнительного сечения (1-0,5 -0,25 м). К этим формам рельефа относятся кочки, рывины, мелкие промоины и т.д.

3.2. Эндегенные процессы и обусловленные ими формы рельефа

3.2.1. Движение земной коры, их геологическое и геоморфологическое значение

Главнейшими методами изучения движения земной коры являются: геодезический, геофизический, гидрологический, геоморфологический, геологический и комплексный.

Геодезические методы – повторное нивелирование и триангуляция – позволяют выявить происходящие вертикальные поднятия и погружения и горизонтальные смещения участков земной коры, дать их количественную оценку.

Геофизическими методами определяется большой спектр движений. Например, изучается распределение и сила землетрясений, изменение наклонов земной поверхности, приливно-отливные деформации и др.

Гидрологическими методами (наблюдения за уровнем воды морей и озер) выявляются поднятия и погружения берегов морей и океанов, перекося озерных ванн, сопровождающийся постепенным осушением одного из берегов и затоплением противоположного.

Важное значение имеет геоморфологический метод, основанный на изучении рельефа и тех изменений, которые в нем происходят в связи с движениями земной коры. Эти движения влияют на развитие и деформацию террас в долинах рек, фиксируются поверхностями выравнивания, отражаются на деятельности потоков, работе морских волн и развитии берегов, форме склонов и профилей долин и т.д.

Геологические методы разнообразны. К ним относится изучение состава отложений, мощности слоев, изменение условий осадкообразования, нарушение последовательности напластования и др.

Комплексный метод – использование результатов наблюдений, выполненных всеми перечисленными выше методами. Суммируя наблюдения, можно получить наиболее правильное представление о направлении и скорости движений, их распределении во времени и на поверхности земного шара.

Изучение движений земной коры имеет и теоретическое, и практическое значение. Интенсивно развивающиеся движения участков земной коры часто свидетельствуют о возможных землетрясениях или извержении вулканов. Деформации земной коры могут нарушить устойчивость или деформировать важные инженерные сооружения (плотины, нефтепроводы и др.) Погружение суши под уровень моря (например, южные берега Северного моря) вынуждают строить дамбы, предохранять культурные земли от затопления. Поднятие берегов сопровождается обмелением бухт, затрудняет судоходство и т.д. Выбор того или иного метода определяется той целью, с которой движения земной коры изучаются.

Для регистрации смещений земной коры в момент их непосредственного проявления используют различные геофизические приборы: сейсмографы, наклонометры, отличающиеся высокой чувствительностью, настроенные на определенные периоды колебаний. Высокая точность наблюдения движений земной коры стала возможной благодаря новому методу радиоинтерферометрии.

Геодезические и гидрологические методы для получения надежных результатов требуют отрезков времени, измеряемых годами, десятилетиями и столетиями. Только в отдельных случаях там, где движения развиваются быстро, например, при назревающем землетрясении или извержении вулкана, они могут быть выявлены геодезическими методами за короткий период. Геоморфологические методы не выявляют движений короткого периода, дают надежные результаты при изучении поднятий и погружений, направленно развивавшихся длительные отрезки времени (геологические века, эпохи, периоды). Движения наиболее длительных периодов и древних этапов развития Земли изучаются геологическими методами.

Наблюдения за современными движениями земной коры показали, что эти движения очень различны по их происхождению, повторяемости, направленности, продолжительности, влиянию на строение и рельеф земной коры, силе и другим признакам.

Приборы непрерывно регистрируют мелкие высокочастотные пульсации, возникающие под действием самых различных причин: порывов ветра, штормовых волн в океане, изменения атмосферного давления, обвалов, движения оползней и движения транспорта. К регулярно повторяющимся движениям относятся твердые приливы и отливы, возникающие в земной коре под действием сил притяжения Луны и Солнца. Быстрые и значительные движения зарегистрированы в районах действующих вулканов и в сейсмических зонах.

Все современные гипотезы учитывают процессы, развивающиеся в недрах Земли (разогрев, дифференциация, подкоровые течения и пр.). Различия заключаются в основном в том, что по-разному оценивают роль тангенциальных и радиальных движений земной коры, процессы сжатия и растяжения (вплоть до расширения Земли) и роль космических факторов (приливы, замедление вращения Земли). С этих позиций авторы гипотез и их сторонники делятся на несколько групп. Фиксисты отрицают значительные перемещения материков, мобилисты придерживаются противоположных взглядов. Одни исследователи признают возможность значительного расширения земного шара, другие (неоконтракционисты) считают, что земной шар пульсирует (периодически расширяется и сжимается) с преобладающей тенденцией к сжатию в связи с выделением паров, газов уплотнением вещества в недрах, постепенным охлаждением.

3.2.2. Магматизм, его геологическое и рельефообразующее значение

Магматизмом называют сложный процесс перехода вещества глубоких зон земной коры и подкоровых масс из твердого в жидкое, газообразное и парообразное состояние, проникновения последних в верхние зоны земной коры или выхода ее на поверхность. На глубине 60-70 км от поверхности земли (в астеносфере) температуры превышают температуру плавления любой горной породы в наземных условиях. Твердое состояние сохраняется только благодаря господствующему на этой глубинах давлению. При изменении равновесия за счет повышения температуры (притока тепла) или за счет уменьшения давления порода переходит из твердой фазы в жидкость, приобретает большую подвиж-

ность и устремляется в области пониженных давлений, постепенно охлаждается и может закристаллизоваться в земной коре, образуя различные магматические тела. Интрузивный магматизм развивается в толщах земной коры. Движение магмы и ее производных осуществляется по зонам тектонических нарушений (разломов); магма, пары, газы, горячие водные растворы взаимодействуют с вмещающими горными породами, происходит обогащение привнесенными элементами. Образующиеся при застывании магмы тела по глубине их залегания подразделяют на глубинные (абиссальные) и приповерхностные (гипабиссальные).

Абиссальные тела имеют крупные размеры, к ним относятся батолиты и штоки. Гипабиссальные интрузии обычно связаны с питающими очагами узкими трещинами и каналами, образуются в результате внедрения магмы между пластами, в трещины, в своды складок. Представителями таких тел могут служить лакколиты, силлы, жилы и др. Батолиты отличаются наибольшими размерами, неправильными очертаниями в плане, образуются на большой глубине. Изучать их удастся там, где покрывавшие их толщи пород уничтожены денудацией. Площадь внедрения батолитов может достигать сотен квадратных километров.

Штоки – магматические тела округлого, овального или неправильного сечения площадью менее 200 кв. км, уходящие в недра Земли в виде гигантских каменных свай.

Лакколиты – грибообразные тела, раздвигающие и приподнимающие в виде свода вмещающие породы. Размеры лакколитов от 100-200 м до нескольких километров в поперечнике.

Силлы образуются путем внедрения магмы вдоль плоскостей напластования. Мощность таких интрузий изменяется от долей сантиметров до многих метров и даже сотен метров.

Жилы (дайки) – интрузивные тела, образующиеся при внедрении магмы и ее производных в трещины горных пород, возникающие в условиях растяжения. Такие трещины могут быть заполнены магмой или минералами, которые выделяются из горячих паров, газов и водных растворов. Ближе к питающим магматическим очагам располагаются магматические жилы, дальше – гидротермальные. С жилами часто связаны месторождения полезных ископаемых (золото, серебро, свинец, цинк, медь и др.).

Эффузивный магматизм (вулканические извержения) проявляется на Земле в виде трещинных излияний и центральных извержений. При трещинных излияниях большие массы обычно жидкой основной (базальтовой) лавы извергаются через узкие длинные трещины и разливаются по окружающей местности, образуя лавовые покровы. Центральные извержения происходят через каналы – жерла округлого сечения, заканчивающиеся у поверхности земли воронкообразным расширением – кратером. Диаметр жерл редко превышает несколько сотен метров. Накапливаясь вокруг кратера, масса извергнутого материала образует вулканическую гору, строение, форма и размеры которой определяются типом извержения. Вулканы в процессе своего развития иногда изменяют тип

деятельности, например, извергают основную, а затем кислую лаву, что и отражается на строении и форме вулканической горы.

Поствулканические процессы сопутствуют вулканической деятельности. К ним относятся фумаролы, гейзеры, горячие источники. Фумаролами называют выделения паров и газов на остывающих лавовых потоках, на склонах вулканов и в кратере вулкана в период спокойного проявления его деятельности. Гейзеры – периодически выбрасывающие кипящую воду источники – распространены на Камчатке, в Исландии и других местах.

3.3. Экзогенные процессы и обусловленные ими формы рельефа

3.3.1. Общие сведения об экзогенных процессах рельефообразования

К экзогенным процессам относятся выветривание, деятельность поверхностных и подземных вод, моря, ледников, организмов (животных и растений), деятельность человека. Главный источник энергии этих процессов – Солнце.

Основная направленность экзогенных процессов – разрушение положительных форм рельефа, созданных эндогенными процессами, и заполнение наносами отрицательных форм. Интенсивность переработки рельефа внешними агентами зависит от стойкости горных пород и энергии экзогенных процессов.

Стойкость горных пород зависит от химического состава и физических свойств слагающих минералов. Химическим составом определяется растворимость, стойкость горной породы по отношению к химическому выветриванию, физическими свойствами (твердость, спайность, трещиноватость и др.) – сопротивляемость горной породы температурному воздействию, разрушению при замерзании воды в трещинах, истиранию и т.д. Энергия воздействия рельефообразующего агента зависит от многих причин, которые, в свою очередь, обусловлены климатом, рельефом и взаимодействием этого агента с другими геологическими процессами.

Климат определяется географическим положением территории, высотой над уровнем моря, направлениями воздушных течений, особенностями рельефа, удаленностью от моря и другими факторами. Резкие колебания температуры способствуют процессам физического выветривания, обильные осадки – флювиальным процессам, сухость климата – проявлению деятельности ветра.

Влияние рельефа в основном сводится к тому, что при сильно расчлененном рельефе и больших контрастах высот все экзогенные процессы развиваются наиболее энергично. Быстрое удаление продуктов разрушения способствует дальнейшему разрушению коренных горных пород. При выровненном рельефе процессы развиваются замедленно, на поверхности материнской породы накапливаются большие массы продуктов ее разрушения, которые ослабляют воздействие внешних агентов.

Совершаемая экзогенными агентами работа может быть выражена количеством перерабатываемого, захватываемого, перемещаемого и отлагаемого материала и скоростью, с которой эта работа осуществляется. Переработка горных пород под действием внешних агентов может происходить без существен-

ного перемещения продуктов разрушения. Накапливающиеся массы продуктов разрушения, лежащие на поверхности материнской породы, называют элювием.

Перемещение продуктов разрушения с обрывов и на крутых склонах происходит под действием силы тяжести. Для идеальных условий предельным углом наклона, с превышением которого лежащий на склоне обломок должен начать перемещаться, является угол в 35° . В действительности, поскольку в природе всегда на устойчивость рыхлых масс оказывает влияние степень их увлажнения, размер и окатанность частиц, колебания температуры и другие причины, перемещение происходит уже на гораздо более пологих склонах.

Масса движущейся среды (потока) изменяется в очень больших пределах, например, для текучих вод – от тонких струек дождевых вод, стекающих по склонам, до мощных рек. Соответственно меняется и их рельефообразующая и геологическая роль, количество захватываемого и переносимого материала. Скорость движения среды имеет очень важное значение. Небольшое увеличение скорости может сильно влиять на энергию потока. Трение снижает среднюю скорость потока, следовательно, снижается сила движущейся массы, что в большей степени сказывается на размерах частиц и масс переносимого материала. Количество материала, переносимого внешними геологическими агентами во взвешенном состоянии, меняется в очень широких пределах и, помимо скорости течения, зависит от физических свойств движущейся среды (воды, воздуха, грязевого потока и т.д.).

Время – чрезвычайно важный фактор, определяющий результат деятельности геологических рельефообразующих агентов. Даже очень слабое воздействие, проявляющееся длительное время, способно разрушить высокие горы, привести к накоплению мощных осадочных толщ.

3.3.2. Формы рельефа, обусловленные выветриванием

Процессы выветривания – физическое разрушение и химическое преобразование горных пород и минералов, происходящее в результате колебания температуры, замерзания воды в трещинах горных пород, химического действия воды и различных химических агентов (газов, кислот), животных и растений. Различают три типа выветривания: физическое, химическое и органическое.

При физическом выветривании минералы и горные породы распадаются на обломки, не меняя химического состава. Главными агентами физического выветривания являются резкие колебания температуры и замерзание воды в трещинах горных пород. Температурное выветривание наиболее интенсивно развивается при резких колебаниях температур поверхности пород. В результате расширения и сжатия, неравномерных на поверхности и в глубине породы, в ней возникают напряжения, порода растрескивается. Наиболее подвержены растрескиванию темноокрашенные горные породы (базальт и др.), которые сильно нагреваются и быстрее остывают. Сильно разрушаются породы, образованные минералами, обладающими разными коэффициентами расширения и спайности.

При химическом выветривании минералы и горные породы претерпевают химические изменения: растворяются, образуют новые соединения с кислоро-

дом воздуха и углекислым газом. Благоприятствует этому выветриванию влажный и теплый климат и обилие химических агентов, что характерно для влажного тропического климата.

Органическое выветривание выражается в форме физического и химического разрушения и преобразования горных пород растениями и животными. Примером может быть физическое разрушение скал корнями растений, проникающими в трещины. Менее заметна, но гораздо важнее скрытая физическая и химическая деятельность растений и животных в почве и минеральной породе.

Процессы выветривания развиваются в слоях, лежащих выше уровня грунтовых вод. Глубина распространения процессов выветривания различна и изменяется от нескольких дециметров до сотен метров. Захваченная выветриванием толща земной коры называется зоной выветривания. Наиболее интенсивно процессы выветривания развиваются в верхних горизонтах, постепенно затухая на глубине, прослеживаются в порах и трещинах. В равнинной местности, где снос продуктов выветривания затруднен, на поверхности выветриваемой породы образуется мощный чехол, состоящий из наиболее стойких к выветриванию минералов, входящих в состав материнской породы, и вновь образовавшихся гипергенных минералов – продуктов химических реакций, протекающих в процессе выветривания. Весь этот чехол называют элювием, или корой выветривания.

В условиях пересеченного рельефа подготавливаемые выветриванием (раздробленные, разрыхленные и переведенные в «транспортоспособное» состояние) массы перемещаются с возвышенных участков в понижения. Происходит это под действием силы тяжести. В целом этот процесс получил название денудации.

Эффект (геологический и геоморфологический) взаимодействия выветривания (сланцеватость, трещиноватость), рельефа, типа выветривания и взаимодействия с другими агентами денудации. В ряде случаев большое влияние могут оказывать и эндогенные силы (тектонические движения).

Своеобразные формы рельефа возникают при выветривании пород, имеющих неодинаковую стойкость. Процессы выветривания быстрее разрушают слабые участки горных пород, расширяют трещины, т.е. действуют избирательно. Происходит так называемое селективное выветривание. Продукты выветривания удаляются агентами денудации и на их месте образуются понижения, более стойкие части пород выступают на местности в виде различных, останцов выветривания. Они имеют форму столбов, башен. Формы выветривания являются хорошими ориентирами, и их принято отмечать на картах.

3.3.3. Гравитационные формы.

Широко распространены различные формы и образования, возникающие при накоплении и движении массы продуктов выветривания на вершинах и склонах гор, в долинах и даже на равнинной местности. В горах в результате интенсивно развивающегося выветривания (особенно физического) от материнской породы отделяется значительное количество больших и малых обломков. Скопление крупных каменных глыб и щебня на ровных поверхностях и

плоских вершинах называют каменными россыпями, а располагающиеся на склонах или их подножиях – каменными осыпями. Узкие полосы осыпей на склонах, в ложбинах и на дне долин называют каменными реками и каменными ледниками. Часто осыпи покрывают большие участки склонов, постепенно расширяясь к их основанию образуют конусы. Осыпи вызывают большие затруднения при постройке дорог в горах. На борьбу с этим явлением приходится расходовать большие средства: строить подпорные стенки, делать над дорогами специальные перекрытия.

Каменные россыпи и осыпи представляют собой типичный элемент горного ландшафта. Для их образования на местности необходимо быстрое удаление мелкозема, наличие крутых склонов, преобладающее перемещение под действием гравитации. Движение грунтов на склонах – широко распространенный процесс, который наблюдается даже на очень пологих склонах. Среди причин, от которых зависит его интенсивность, большое значение имеют состав склоновых отложений, крутизне склона, его ориентировка по отношению к странам света и направлению господствующих ветров температура, влажность растительность и другие факторы. Накопление рыхлых продуктов выветривания на склонах и на дне горных долин, особенно в условиях засушливого климата с ливневым выпадением осадков, часто способствует образованию грязе-каменных потоков – селей.

Оплывины – мелкие смещения на склонах, захватывающий тонкий приповерхностный слой сильно переувлажненных грунтов. Широко распространены в районах развития многолетней (вечной) мерзлоты, часто развиваются на склонах в зоне умеренного климата в период таяния снега, когда оттаявший и насыщенный водой грунт сплывает по слою, скованному сезонной мерзлотой. В горной местности оплывины возникают во время сильных дождей на крутых склонах, покрытых продуктами выветривания коренных пород, и могут являться началом грязе-каменных потоков.

Оползни – скользящие смещения больших земляных масс, иногда развивающиеся длительное время и происходящие без опрокидывания и свободного падения сползающей массы (в противном случае образуется обвал).

Оползни возникают в результате суффозии, при подмыве крутых склонов реками, волнами морей озер, при нагрузке неустойчивого склона каким-либо сооружением, пропитывании грунтов дождевой или снеговой водой, при резких сотрясениях склона во время землетрясений и даже при прохождении транспорта. Особенно сильно оползни поражают крутые морские берега, склоны речных долин.

Среди большого разнообразия оползней принято различать оползни первого порядка, существенно захватывающие коренные породы, еще не оползавшие ранее, и оползни второго порядка, развивающиеся в уже сползавших масс. Кроме того, выделяются оползни соскальзывания, образующиеся при разрыхлении основания склона суффозией, разжижения поверхности глинистого слоя подземными водами, при подмыве рекой, т.е. при уничтожении опоры склона снизу, и оползни толкающие, представляющие собой массы пород, сорвавшихся с верхних частей склона, покров нижней части которых сминается в складки,

вздувается буграми, местами возникают трещины и ямы, или оползень делится на ступени, передняя из которых приобретает наклон, обратный движению.

Признаками развивающихся оползней являются трещины на склонах, иногда имеющих дугообразную форму, оползневые террасы, «пьяный лес», в котором стволы деревьев наклонены в разные стороны, некоторые стволы изогнуты в виде сабли, другие многократно искривлены. Развившиеся и уже закрепленные оползни выделяются на склонах и у подножий в виде бугров, чередующихся с различного рода понижениями. Понижения располагаются в тыловой части сползающих масс (и отдельных блоков оползня), благодаря способности оползней несколько запрокидываться при движении вниз по склону. Эти понижения часто бывают заболочены.

3.3.4. Флювиальные процессы и формы рельефа

Текучими водами называют все воды, стекающие по поверхности суши: дождевые, талые снеговые, воды временных и постоянных ручьев и рек, малых и больших рек. Текучие воды, как и другие внешние агенты (кроме выветривания), производят разрушение поверхности, по которой стекают, путем растворения, смыва и линейного размыва – эрозии, переносят (транспортируют) и отлагают (аккумулируют) принесенный материал. Характер и масштаб этой работы зависят от очень многих причин, в том числе и от формы стока поверхностных вод, который может быть нерусловым и русловым.

Не русловой сток, в свою очередь, подразделяют на плоскостной и струйчатый. Плоскостной сток возникает при сильных дождях на пологих, однообразных склонах, в виде тонкого слоя воды, движущегося по всей поверхности. Струйчатый сток возникает при слабых дождях и наличии мелких временных препятствий на склоне, разбивающих стекающую воду на мелкие блуждающие струйки, устремляющиеся в сторону общей покатости.

Стекающие по склонам и лишённые постоянных русел воды захватывают по пути мелкие частицы горных пород, у местных мелких препятствий отклоняются в стороны, распластываются, вновь собираются в струи и влекут в низ по склону захваченный материал. Таким путем развивается процесс, получившего название плоскостного смыва.

На интенсивность плоскостного смыва большое влияние оказывают свойства грунта и крутизна склона, характер и степень развития растительного покрова, количество и характер выпадения осадков, скорость таяния снега, условия просачивания и испарения, ориентировка склонов относительно стран света и направления ветров, несущих осадки, и ряд других факторов. Геологическим строением определяются водопроницаемость и степень прочности горных пород, слагающих склон. Смыву благоприятствуют водоупорные несцементированные породы (супеси, суглинки). Породы водопроницаемые впитывают большое количество воды, что препятствует смыву; породы, сцементированные и механически прочные, слабо разрушаются мелкими струйками, и смыв здесь ослаблен. От крутизны склона зависит скорость стекающих струй, потери на испарение и просачивание. На более крутых склонах смыв происходит интенсивнее, чем на склонах пологих. Растительный покров препятствует смыву, за-

держивая и испаряя дождевую воду, скрепляя склон корневой системой, увеличивая шероховатости склона. Стекая к подножию склона, переходящего в ровную поверхность, воды растекаются по ней, застаиваются в западинах, впитываются и испаряются, оставляя принесенный материал. При этом происходит сортировка материала: выше по склону отлагаются более крупные частицы, а ниже более мелкие. Образующиеся таким путем отложения называют делювием.

В местах выпадения сильных дождей в сильно пересеченной местности (горной) при скоплении на склонах, поверхность которых плохо скреплена растительностью, возникают грязе-каменные потоки – сели. Выходя на предгорную равнину, сели распространяются на обширные площади, производят сильные разрушения. Спустившись со склона и собравшись в русле, масса селя движется уже как русловый поток, перенасыщенный обломочным материалом. При выходе из горной долины весь этот материал распределяется в виде пологого конуса выноса. Образующиеся таким путем отложения селевых и временных потоков называют пролювием.

Борьба с селями осуществляется путем постройки мощных защитных дамб, плотин, отвода русел потока в сторону от культурных земель, закрепление размываемых склонов растительностью.

Русловый сток подразделяют на временный и постоянный. Наиболее распространенным примером временного руслового стока может служить сток вод атмосферных осадков по достаточно протяженным и неровным склонам, где вода собирается в понижения в поток и ее разрушительная деятельность из плоскостного смыва переходит в линейный размыв – эрозию. Примером постоянного стока служат ручьи и реки. Наиболее благоприятные условия для размыва возникли у основания склона, где образовалась первичная эрозионная форма – промоина. По дну промоины вода движется уже потоком в русле. Поток, стекающий по дну промоины, переносит продукты размыва, захваченные им с верхней части промоины может производить дальнейшее углубление русла – глубинная эрозия. Продольный профиль потока, при котором достигается относительное равновесие между движущей силой воды и сопротивлением русла, называют профилем равновесия. Состояние равновесия неустойчиво и может быть нарушено изменением количества протекающей в русле воды, поступлением материала и др. Уровень выхода потока в основании склона называют базисом эрозии. Широким распространением пользуются местные базисы эрозии. Ими являются резкие изгибы продольного профиля ложа потока.

Образующийся при выработке эрозионной формы материал выносится потоком к устью и отлагается у подножья склона. Если отложения этого материала происходит на суше, то формируется пологая аккумулятивная форма рельефа – конус выноса, а при отложении в море или озере в устье потока образуется дельта.

При выработке эрозионной формы поток не только углубляет свое русло и долину. Встречая на своем пути препятствия, поток отклоняется, подмывает берега и вырабатывает излучины – развивает боковую эрозию. За счет образования излучин путь от истоков до устья удлиняется, средний уклон становится

меньше, снижается движущая сила потока, что способствует отложению переносимого материала в местах замедленного течения. При развитии излучин размыв сосредоточен у одного из берегов, который становится крутым и вогнутым (в плане), а у противоположного берега происходит отложение наносов и он становится пологим и выпуклым. За счет боковой эрозии происходит расширение долины потока. Отлагаемые потоком наносы называют аллювиальными.

Временный русловый сток в ряде случаев может привести к образованию рытвин, промоин и оврагов, резко расчленяющих склоны, разрушающие культурные земли; продукты размыва засоряют реки. Первыми признаками начинающегося размыва склона являются эрозионные борозды и рытвины. Ширина рытвин от 0,1 до 1,0 м, глубина до 0,5-1,0 м, длина может достигать десятков метров. При дальнейшем размыве рытвина перерастает в более крупную форму – промоину, которая, в свою очередь, превращается в овраг. Глубина оврагов может достигать 40-50 м, ширина до 150-300 м, длина до 3-5 км.

Овраги вскрывают горизонты подземных вод, что влечет за собой осушение колодцев и прилегающей местности. Развитию оврагов благоприятствует пересеченный рельеф, слабопроницаемые, но легко размываемые горные породы, ливневые осадки, разреженный растительный покров, неосмотрительная деятельность человека,

Для борьбы с оврагами проводятся большие работы. Склоны и днища оврагов укрепляют растительностью, в руслах строят запруды и плотины. С помощью дамб вода отводится от вершины оврага на закрепленные участки склона.

Постоянный русловый сток – реки, ручьи - в отличие от временных потоков действуют непрерывно длительное время. Расходы и уровни рек изменяются в зависимости от времени года, количества осадков, таяния снега, испарения и других причин. В зависимости от режима стока изменяется характер работы реки. Большинство рек имеет меженное русло и пойму. В меженном русле вода протекает круглый год, пойма заливается водой только во время половодий. Пойма практически отсутствует только у рек, текущих в узких горных долинах. Медленно текущие реки холмистых и равнинных районов значительную часть своей живой силы расходуют не на глубинную, а на боковую эрозию. В результате подмыва берегов русло становится извилистым, берега и склоны долины развиваются неравномерно, процессы эрозии и аккумуляции сложно сочетаются друг с другом.

Выработка извилистого русла обусловлена сложными гидродинамическими особенностями потока и многими другими причинами. Образующиеся извилины русла называют излучинами. При образовании излучин подмываемые берега становятся вогнутыми, и крутыми, крутым становится в этом месте и склон долины, если он промывается рекой. Наоборот, берега в тех местах, где река от них отклоняется, становятся выпуклыми, склоны более пологими и у их основания в русле начинается отложение речных наносов (руслового аллювия).

В развитии поймы и меженного русла имеется ряд различий. Так, пойма только в короткое время переходит на положение дна потока, а большую часть

года водой не залита. Во время половодий растительность пойм сильно уменьшает скорость течения. Малая глубина и распластывание пойменного потока по сравнению с русловым также замедляет течение. Все это приводит к накоплению на пойме наносов – пойменного аллювия.

Основная масса материала поступает на пойму путем выноса его из русла реки. Ввиду резкого изменения скорости течения вблизи бровки русла происходит наиболее быстрое отложение вынесенного материала и образуется характерная форма пойменного рельефа – прирусловой вал. Меньше материала заносится водой дальше от русла, на центральную пойму и ее тыловую часть. Благодаря накоплению наносов в пойме разрез аллювиальных отложений на дне долины приобретает двухрусное строение. Основание разреза слагает русловый аллювий (более грубый по механическому составу), а верхнюю часть разреза – пойменный аллювий (обычно илистого состава). Поверхность поймы осложняют старицы, находящиеся на разных стадиях развития и заполнения наносами.

В устьях рек, впадающих в моря с высокими приливами, дельты часто отсутствуют, такие промытые и расширенные устья рек называют эстуариями.

Надпойменные террасы – поверхности, часто сохраняющие черты пойменного микрорельефа, но затоплению не подвергаются. Располагаются они уступами на дне и склонах долины. Одна из причин превращения поймы в надпойменную террасу – усиление глубинной эрозии и углубления русла, в результате чего вся вода половодий проходит в русле и пойму уже не заливают. Река начинает вырабатывать новую пойму на более низком уровне, а старая пойма превращается в надпойменную террасу. Если врез будет глубоким, русло врежется в породы, слагающие коренное дно долины, и они станут видны в основании террасы, образуется цокольная терраса. Обычно в долинах мы имеем не менее трех, а местами и более террас различного строения и происхождения. При изучении террас счет их принято вести снизу – от самых молодых.

По форме поперечного профиля речные долины подразделяют на теснины, каньоны, корытообразные, ящикообразные, трапециевидные и террасированные.

Теснины образуются в результате глубинной эрозии, имеют отвесные склоны, отстоящие один от другого иногда всего на несколько метров, глубины от нескольких десятков до сотен метров. Поймы нет и все дно занято руслом потока.

Каньоны так же, как и теснины, имеют глубину, иногда во много раз превышающую ширину; Русло реки занимает все дно каньона. Склоны чаще всего представляют собой чередование скалистых обрывов с горизонтальными или слабонаклонными площадками и участками, покрытыми осыпями.

Корытообразные долины – разновидность каньонов, отличаются от них только большей шириной дна, которая может быть больше глубины. Эти долины часто имеют ледниковое происхождение.

Ящикообразные долины образуются в толщах пород, способных выдерживать вертикальные обрывы (базальты и др.) и при сильно развитой боковой эро-

зии. Долины имеют крутые склоны, небольшой высоты, и широкое плоское дно -пойму.

Трапециевидные долины напоминают долины предыдущего типа, с которыми их часто объединяют, но расширены за счет более пологих склонов. Дно плоское, с хорошо развитой поймой.

Террасированные долины имеют сложный поперечный профиль за счет террас, расположенных на склонах.

3.3.5. Суффозионно-карстовый рельеф

Подземными водами называются воды, находящиеся в породах и трещинах горных пород. По происхождению подземные воды подразделяются на водозные, ювенильные и реликтовые (седиментационные, погребенные). Водозные воды образуются за счет проникновения с поверхности земли, ювенильные - путем конденсации водяных паров, поднимающихся из недр Земли, реликтовые - захоронены в порах горных пород, отлагавшихся в водной среде.

Деятельность подземных вод заключается в захвате частиц горных пород, переносе и отложении их. Захват и вынос частиц пород подземными водами часто называют общим термином суффозия. Однако следует различать собственно суффозию, выражающуюся в захвате и выносе мелких, нерастворимых частиц, и выщелачивание - коррозию, представляющую собой вынос веществ, легко переходящих в раствор (гипс, каменная соль, кальцит). Наиболее яркий пример деятельности вод в районах распространения растворимых горных пород - карст.

Карст - это совокупность процессов, форм рельефа и особенностей гидрографии в области распространения растворимых горных пород. Способность воды растворять породы различна. Наиболее растворима каменная соль, менее растворимы гипсы, еще слабее растворяются карбонатные породы - известняки, доломиты. Растворение породы сильно меняется в зависимости от температуры воды, наличия растворенных в ней газов и кислот. При развитии карста растворение породы происходит на поверхности и в глубине. Наиболее наглядно рельефообразующая роль воды видна при развитии так называемого обнаженного карста, когда растворимая порода выступает на поверхности земли. При покрытом карсте на поверхности растворимой породы лежит слой наносов, который маскирует образующиеся на ней мелкие карстовые формы.

Обнаженный карст развит в районах с пересеченным рельефом и ливневым выпадением осадков, что способствует смыву с поверхности растворимых горных пород продуктов выветривания и почвенного слоя. В условиях обнаженного карста можно отчетливо проследить ряд последовательно развивающихся форм, возникающих на месте ухода воды в толщи карстующейся породы. На месте разбитой мелкими трещинами породы образуются карстовые воронки - отрицательные формы рельефа, имеющие более или менее правильную воронкообразную форму и различные размеры (до многих десятков метров в диаметре и глубиной до 30-40 м).

Распространение карста определяется геологическим строением местности и ее рельефом. Наибольшим распространением пользуется карст, развитый в

карбонатных породах, меньшим – в гипсах, в легко растворимых толщах каменной соли он менее типичен. Особый путь развития имеет глинистый карст.

Для развития карста необходимо ряд условий. Важнейшим из них является водопроницаемость горной породы, которая в известняках, гипсах, доломитах возможна при условии наличия в них хорошо развитой трещиноватости. Вторым условием является возможность циркуляции воды, которая возникает в том случае, если местность достаточно высоко поднята или глубоко прорезана речными долинами.

Суффозия – механический вынос нерастворимых частиц грунта, происходящий при движении грунтовых вод к местам их разгрузки и к поглощающим воды трещинам подстилающей породы. При суффозии на местности могут образовываться западины в форме блюдец и воронок. Размеры их невелики (диаметр 10-20 м, глубина 1-8 м), но соединяясь, они могут привести к образованию более обширных понижений, особенно на склонах, где при их участии образуются суффозионные цирки. Кроме того, при участии суффозии на склонах часто образуются оползни.

Совместное действие растворения и механического выноса частиц наблюдается при развитии глинистого карста. Происходит это в условиях засушливого климата в глинах, содержащих большое количество кристаллов гипса. Проникающая в глины вода растворяет гипс, и в глинах возникают мелкие полости и каналы. При малом количестве воды глины не разбухают, вода проникает в эти каналы и продолжает растворять гипс и размывать глины, вырабатывая большие полости и пещеры. В местах развития глинистого карста формируется сложный рельеф, образуются воронки, провалы, сочетающиеся с эрозионными рытвинами, промоинами и короткими оврагами. Интенсивно развивающиеся карстовые процессы сопровождаются образованием воронок, провалов, происходящих под полотном дорог и под зданиями. Возведение сооружений в районе распространения растворимых горных пород требует предварительной тщательной геологической разведки местности. Но и в этом случае могут неожиданно возникнуть просадки и провалы, особенно в местах распространения гипсов и солей, обладающих повышенной растворимостью по сравнению с известняками. Просадки могут возникнуть и при суффозии и даже принять угрожающие размеры в случае поступления большого количества воды из дренажных канав и т.д.

3.3.6. Криогенный рельеф

Под многолетней (вечной) мерзлотой понимается состояние грунтов, при котором они в течение длительного времени (десятки и тысячи лет) сохраняют отрицательную температуру. В отличие от многолетней мерзлоты сезонная мерзлота сковывает грунты только зимой, летом же они полностью оттаивают.

По распространению на местности многолетнюю мерзлоту можно подразделить на островную – отдельные участки, скованные многолетней мерзлотой и расположенные среди талых грунтов, не сплошную – среди мерзлых грунтов встречаются участки талых грунтов – «талики» большей или меньшей площади и сплошную. Сохранению и развитию вечной мерзлоты способствуют продол-

жительные низкие зимние температуры, незначительная мощность снежного покрова, короткое и сравнительно прохладное лето; большое значение имеют также состав грунтов, ориентировка склонов и их уклон, степень развития растительности и заболоченность местности, хозяйственная деятельность человека и ряд других местных факторов. Многообразие и изменчивость факторов, влияющих на вечную мерзлоту, делает ее явлением подвижным. Часто достаточно изменить один из них, чтобы вызвать значительное понижение уровня и даже полное исчезновение на данной территории многолетней мерзлоты. Это наблюдается, например, при уничтожении мохового покрова, искусственном снегозадержании и других мероприятиях, которыми пользуются для борьбы с вечной мерзлотой.

Мощность толщи горных пород, скованных многолетней мерзлотой, изменяется от нескольких дециметров до 400-500м. Наибольшая мощность наблюдается на Европейском северо-востоке Республики Коми. В вертикальном разрезе многолетняя мерзлота может быть неслоистой и слоистой, при которой чередуются мерзлые и талые слои. Талыми обычно остаются водопроницаемые породы, в которых происходит интенсивная циркуляция подземных вод.

Скованные многолетней мерзлотой грунты лежат на некоторой глубине от дневной поверхности. Выше них слои грунта оттаивают летом и замерзают зимой – деятельный (сезонно-протаивающий) слой. Мощность его зависит от климата и многих других факторов.

Грунты, имеющие температуру 0 и ниже, могут быть теоретически подразделены на сухие, имеющие открытые поры, заполненные воздухом, и влажные, у которых поры заполнены льдом и реже водой, не замерзающей из-за насыщения ее слоями или за счет высокого давления.

Лед в условиях многолетней мерзлоты может находиться в различных соотношениях с грунтами. Наиболее распространенный случай – заполнение льдом мелких пор и трещин в горных породах. Лед в крупных трещинах и пустотах может находиться в виде жил, ледяных клиньев и различной формы скоплений. Наконец, могут быть мощные скопления льда в виде слоев, больших линз и глыб, погребенных среди мерзлых пород. Такие массы льда, сохраняющиеся длительное время и играющие важную роль в геологическом строении местности, получили название ископаемого льда. Кроме того, различают льды сингенетические, т.е. образовавшиеся одновременно с накоплением данной толщи грунтов, и инъекционные – внедрившиеся. Процессы, в результате которых замерзающая вода становится составной частью грунтов, а часто в виде слоев льда, ледяных жил и клиньев как бы сама становится горной породой, принято называть криолитогенезом.

Лед как минерал и горная порода имеет важную особенность, резко отличающую его от других горных пород земной коры. При незначительных изменениях температуры лед резко изменяет свои физические свойства – переходит из твердого состояния в жидкое. Лед до таяния является твердым телом, значительно отличающимся от других частиц вмещающего грунта, и способен выдерживать достаточно большие нагрузки. При таянии и превращении в воду

льда резко изменяются свойства вмещающего грунта, полное нарушение устойчивости залегающих выше слоев, возникают просадки и провалы.

Горизонты подземных вод в условиях вечной мерзлоты развиты как лед и вода, заполняющая поры грунтов и находящаяся в них в неподвижном состоянии. По соотношению со слоями многолетней мерзлоты подземные воды подразделяются на подмерзлотные, межмерзлотные и надмерзлотные.

Подмерзлотные подземные воды залегают глубже вечномерзлых слоев и обычно являются напорными. Межмерзлотные циркулируют в водопроницаемых грунтах между мерзлыми слоями и не замерзают благодаря тому, что имеют положительную температуру и движутся быстро. Надмерзлотные воды в большинстве случаев сезонные – летом циркулируют в оттаявшем деятельном слое, а зимой промерзают, и только там, где слой сезонной мерзлоты не смыкается со слоем вечной мерзлоты, эти воды могут находиться в движении круглый год. Подмерзлотные и межмерзлотные воды большой роли как рельефообразующий фактор обычно не играют; выходы их на поверхность земли – источники, функционирующие круглый год. На этих источниках во время сильных морозов и при тонком снеговом покрове образуются большие скопления льда родниковые наледы. Поддерживая зимнее питание рек, родниковые воды могут способствовать возникновению речных наледей.

В совершенно других условиях находятся надмерзлотные воды, которые летом проникают в деятельный слой и ведут себя как обычная грунтовая вода (верховодка). С наступлением морозов и развитием сезонной мерзлоты вода оказывается между двумя водоупорными слоями (вечной и сезонной мерзлоты). Зимой мощность сезонной мерзлоты постепенно увеличивается, а мощность талого грунта, по которому движется вода, уменьшается. В это случае надмерзлотные воды могут развивать очень большие давления и сильно влиять на развитие своеобразных явлений и форм рельефа.

Если давление обусловлено только замерзанием воды, находящейся в трещинах и порах грунта, и притока извне нет, процесс ограничивается небольшим вздутием замерзшей части деятельного слоя, иногда растрескиванием его и выходом на поверхность земли небольших масс разжиженного грунта, который растекается в виде глинистого пятна. Такие пятна придают местности своеобразный облик пятнистой тундры. Если деятельный слой сильно обводнен и замерзает неравномерно, что происходит часто при сдувании снега ветром, прокладке зимних дорог, отоплении участков поверхности зданиями то смыкание сезонномерзлого слоя и вечной мерзлоты происходит неравномерно, вода оказывается в замкнутом пространстве под сильным давлением, вспучивает слой сезонной мерзлоты в виде бугра и образует под ним скопление – гидролоккалит. Замерзая. Такое скопление воды превращается в «ледяное ядро», Высота бугров различна, но редко более нескольких метров.

С процессами, развивающимися в деятельном слое, связано образование различных форм микрорельефа зоны многолетней мерзлоты, например, полигональный и бугристой тундры, каменных многоугольников, солифлюкционных ложбин и валов.

3.3.7. Эоловый рельеф

На поверхности земного шара нет мест, где бы не проявлялась деятельность ветра. Ветер всюду совершает работу. В ряде случаев деятельность ветра сочетается с деятельностью других природных факторов. Условия, благоприятствующие деятельности ветра, - сухость поверхности горных пород, слабое развитие или отсутствие растительного покрова, наличие рыхлых доступных ветру минеральных частиц, сила ветра, достаточная для захвата и переноса материала, находящегося на поверхности земли.

Наиболее благоприятные условия для работы ветра существуют в пустыне. Однако и в других ландшафтных зонах встречаются эоловые отложения. Так перерабатываются песчаные наносы в поймах рек, песчаные береговые наносы вдоль речных русел, песчаные отложения зандровых полей.

По рельефу пустыни подразделяются на горные и равнинные. В горных пустынях преобладают резко пересеченные пространства, выходы коренных горных пород, несущих следы разрушительной деятельности процессов физического выветривания и разрушительной деятельности ветра, и большие скопления грубого обломочного материала. Расчлененность поверхности обычно обусловлена широким развитием эрозионных форм рельефа – долин временных потоков, возникающих здесь во время редких, но сильных ливней.

Поверхность равнинных пустынь различна и зависит от литологических особенностей слагаемых пород. Различают поверхности каменистые, песчаные, глинистые и глинисто-солончаковые. Наиболее сложным эоловым рельефом отличаются песчаные пустыни. Каменистые пространства образуются там, где поверхность земли сложена скальными породами, распадающимися на обломки в результате физического выветривания. Мелкие продукты выветривания здесь удалены сильными ветрами. Глинистые и глинисто-солончаковые пространства располагаются чаще всего в понижениях, куда приносится илистый материал, оседающий и разливающейся и испаряющейся воды. Засоление грунтов может происходить за счет осаждения соли из испаряющихся вод. После высыхания глинистая поверхность растрескивается на многоугольные плитки и ее называют такыром.

Захват ветром (выдувание) рыхлого материала называется дефляцией. При помощи переносимого песка ветер обтачивает и полирует поверхности твердых горных пород, производит коррозию. Перенос ветрами рыхлого материала завершается его отложением – аккумуляцией. Все формы рельефа, процессы и отложения, образующиеся под действием ветра, называют эоловыми.

На выходах скальных горных пород можно видеть результаты другого типа разрушительной деятельности ветра – коррозии. Под действием песка, гонимого ветром, в поверхности скал вытачиваются углубления, напоминающие ячейки и соты; в менее стойких слоях возникают углубления в форме ниш и борозд, а более стойкие слои выступают в форме гребешков и карнизов.

По типу рельефа пески делятся на барханные, полузаросшие и дюнные. Первые развиваются на территориях с небольшим засушливым климатом, характерны для тропических пустынь, но могут быть встречены и во внетропических пустынях. Вторые наиболее типичны для внетропических пустынь, где

более низкие температуры и систематическое увлажнение позволяют развиваться пустынной растительности. Дюнные пески распространены во внепустынных зонах, часто оказываются сильно увлажненными, быстро связываются растительностью. Возникают они на берегах морей, озер, в степях, тундре, лесной зоне.

Размеры эоловых форм рельефа очень различны. Наиболее мелкими формами является песчаная рябь, возникающая на песке при слабом ветре. Комплексные барханные цепи и гряды могут достигать протяженности нескольких километров при высоте 200-300м. Больших размеров достигают многие дюны на берегах морей и пирамидальные барханы, образующиеся в местах возникновения мощных восходящих токов (вихрей).

Контрольные вопросы

1. Понятия: «рельеф», «формы рельефа», «элементы рельефа», «тип рельефа»;
2. Морфология рельефа, его морфографическая и морфометрическая характеристика;
3. Научные и прикладные значения морфографических и морфометрических показателей;
4. Понятие генезиса рельефа. Источники энергии и движущая сила рельефообразования;
5. Тектонические движения и их отражение в рельефе;
6. Роль складкообразовательных, разрывных, неотектонических, сейсмических движений в рельефообразовании;
7. Магматизм и рельефообразование;
8. Вулканический и псевдовулканический рельеф;
9. Метаморфизм, общие закономерности;
10. Флювиальный рельеф; образование и рост оврагов, геологическая деятельность рек, селевые потоки;
11. Выветривание горных пород как важный фактор рельефообразования;
12. Склоновые процессы, рельеф склонов и склоновые отложения;
13. Общие закономерности работы водотоков;
14. Рельеф, созданный временными водотоками;
15. Рельеф, созданный постоянными водотоками;
16. Речные долины и их морфологические части;
17. Классификация речных долин;
18. Понятие «Карст»; условия и типы карстообразования;
19. Классификация карстовых форм рельефа;
20. Поверхность формы карстового рельефа их морфология и типы;
21. Подземные формы карстового рельефа;
22. Значение изучения карстовых процессов и карстовых форм рельефа;
23. Рельефообразование в области распространения вечной мерзлоты; сезонная мерзлота и процесс пучения с ней связанный, меры борьбы;
24. Формы рельефа по генезису и физическим процессам (наледи, пучение)

25. Хозяйственность в области распространения вечномёрзлых грунтов;
26. Выветривание горных пород, его виды. Продукты выветривания. Элювий, вертикальная зональность;
27. Геологическая деятельность ветра. Эоловые отложения, их состав и формы;
28. Плоскостная эрозия. Делювий, его состав и форма залегания.

Часть 2

Учебная практика по геологии и гидрологии

Глава 4. Общие сведения об инженерных сооружениях и их проектировании

4.1. Основные виды инженерных сооружений

Инженерные сооружения различаются по назначению, размерам и конструктивным особенностям.

По назначению сооружения разделяются на промышленные комплексы, жилищно-гражданские, дорожно-транспортные и другие. По размерам сооружения делят на линейные и площадные. К линейным сооружениям относят дороги, линии электропередач, трубопроводы. К площадным относят комплекс сооружений промышленных и населенных мест и др.

4.2. Проект и его содержание

Возводимое сооружение должно отвечать назначению, обеспечивать нормальные условия эксплуатации. Строиться в установленные сроки, при минимуме затрат труда, материальных и денежных средств.

Создание всякого инженерного сооружения проходит три основных этапа: изыскания, проектирование и строительство.

Комплексное изучение возможных мест будущего строительства требует если не одновременного, то параллельного проведения нескольких видов инженерных изысканий (инженерно-геологических, гидрогеологических, инженерно-геодезических).

Вопросами изучения геологических условий строительства сооружений занимается инженерная геология. Инженерно-геологические исследования являются составной частью подготовительных работ при проектировании и строительстве зданий и сооружений, автомобильных дорог. Разработка проекта производится на основе задания на проектирование. Задание выдается заказчиком – заинтересованным ведомством или организацией, в распоряжении которой имеются необходимые денежные средства, выделяемые в установленном порядке для производства изыскательских, проектных и строительных работ.

Состав задания на проектирование зависит от типа строящегося сооружения. Однако в нем обязательно должны быть определены район и место предполагаемого строительства, основные параметры сооружения, источники снабжения сырьем, топливом, водой электроэнергией и многое другое. Разработка проекта начинается с технико-экономического обоснования (ТЭО) намечаемого строительства, при этом изучают литературные и фондовые материалы, проводят рекогносцировочные инженерно-геологические и другие исследования с целью изучения природных условий района строительства [12]. Выбирают наиболее целесообразное расположения объектов строительства в зависимости от их назначения, величины и характера нагрузки, дается обоснование основных

технических и строительных решений, приводятся экономические сведения (объемы и эффективность капитальных вложений).

Технико-экономическое обоснование состоит из пояснительной записки с прилагаемыми к ней расчетами, таблицами, графиками и др.

Утвержденное ТЭО является обоснованием для составления задания на разработку технического проекта.

Предварительные инженерно-геологические исследования выполняются на каждом конкурирующем участке в рассматриваемом районе для выбора одного из них. Выполнив необходимый комплекс предварительных исследований места расположения сооружений и предварительной оценки условий их строительства. Приступают к детальным инженерно-геологическим исследованиям на выбранном участке для составления технического проекта. При этом учитывают все изменения проекта, возникшие в ходе анализа материалов предварительной стадии исследований или замечаний экспертизы. На этой стадии выполняют наиболее трудоемкие инженерно-геологические работы.

Завершающим этапом инженерных изысканий являются дополнительные инженерно-геологические исследования. Они обычно выполняются после рассмотрения и утверждения технического проекта одновременно с производством строительных работ для уточнения некоторых технических решений. Материалы дополнительных исследований служат обоснованием рабочих чертежей.

Таково нормальное развитие инженерно-геологических исследований при проектировании и строительстве сооружений. их комплексов в хозяйственном освоении территории. В отдельных случаях такая последовательность развития может изменяться.

Глава 5. Геологические исследования

5.1 Геология и ее роль в строительстве

Инженерно-геологические исследования являются составной частью подготовительных работ при проектировании и строительстве зданий и сооружений и относятся к основному комплексу работ технических изысканий. Инженерная геология изучает геологическое строение местности, горные породы и геологические процессы в связи с инженерной деятельностью человека – строительством инженерных сооружений. Для закрепления теоретического материала по дисциплине «Инженерная геология» и развитию навыков самостоятельной работы студенты должны знать и уметь использовать методы инженерно-геологических изысканий в решении практических задач.

Знание стратиграфии позволит студенту выяснить генезис и историю образования слоев, и характер залегания и дать правильную оценку пород как основание сооружения.

Изучение тектоники горных пород позволяет получить важные сведения о разрывных нарушениях (сбросах, сдвигах), весьма опасных для большинства сооружений.

Минеральный состав породы, ее структура и другие литологические особенности в большой степени определяют строительные свойства породы, по-

этому являются очень важной характеристикой, в какой-то мере предопределяющей качество основания и степень устойчивости сооружения.

Необходимость знания основных сведений из инженерной геологии диктуется тем, что специалист строительного профиля принимает участие в отыскании наилучшего места для сооружения, в строительстве сооружения и в наблюдениях за ним в процессе его эксплуатации.

5.2. Методика проведения учебной геологической практики

Учебная геологическая практика, которая проводится после сдачи экзамена по теоретическому курсу «Гидрология» и зачета по курсу «Геология», является неотъемлемой частью учебного процесса подготовки студентов строительного профиля. Учебную практику целесообразно проводить в летнее время (после завершения второго семестра) в течении двух недель. За время практики студенты получают навыки полевой работы и могут выполнять различные виды работ, связанные с полевыми исследованиями, обычно проводимыми геологами [10]. В частности, они знакомятся с основными породообразующими минералами, горными породами, их строением и условиями залегания. Кроме того, студенты изучают различные экзогенные геологические процессы и явления в связи с инженерной деятельностью человека – строительством инженерных сооружений.

В ходе геологической практики и при последующем составлении заключения необходимо получить четкое представление о геологическом строении местности и, в частности, о стратиграфии, тектонике, литологии и экзогенных явлениях изучаемой местности. Они замеряют горным компасом элементы залегания пород в обнажениях и карьерах, ведут записи, зарисовки и фотографии исследуемых объектов для отчета по практике, отбирают образцы горных пород для учебной коллекции.

На геологической практике студенты обучаются ведению глазомерной съемки в карьере с помощью горного компаса и шагомера, для определения отработанной части запасов строительных материалов, описывают геологический разрез, наблюдения по общей геологии, гидрогеологии, грунтоведению и инженерной геодинамике [3].

Результаты учебной практики студенты оформляют в виде отчета, который необходимо защитить после прохождения практики.

Учебная геологическая практика подлежит обеспечению необходимыми инструментами для полевых работ.

Перед отъездом студентов на учебную практику необходимо произвести проверку теоретических знаний по программе учебной практики методом тестирования для повышения эффективности и качества учебной подготовки по вопросам, с которыми студенты могут столкнуться во время прохождения практики. Производится сбор студентов, отъезжающих на практику, для решения организационных, методических и других вопросов. Особое внимание уделяется инструктажу по технике безопасности и медицинским прививкам против клещевого энцефалита.

Глава 6. Организация практики

Для успешного осуществления учебной практики необходимо составить план проведения однодневных маршрутов. Определить потребное количество автомобильного транспорта.

Второй важной задачей является обеспечение оснащения учебной практики необходимым оборудованием и материалами.

Весьма целесообразно после сдачи экзаменов и зачетов провести подготовку и проверку теоретических знаний по программе учебной практики методом тестирования для целей их закрепления и использования в кратковременных полевых условиях. После освоения студентами вопросов, связанных с полевыми работами по инженерной геологии и гидрологии проводится общее собрание студентов, отъезжающих на практику. На этом собрании преподавателю необходимо ознакомить студентов с основными задачами и порядком отъезда к месту проведения практики. Желательно кратко ознакомить студентов с районом практики. Группа студентов (20-30чел.) делится на бригады из расчета 10человек на одну бригаду. Проводит практику руководитель практики.

В задачу руководителя практики входит проверка результатов тестирования студентов по теоретическому курсу учебной практики, проведение общего собрания и инструктаж, постановка задачи, порядка и методики выполнения, консультации по отдельным вопросам методики прием выполнения задания и зачетов. Кроме того, необходимо сообщить студентам о личных вещах и продуктах, которые необходимо взять с собой

В задачи бригаиров входит поддержание дисциплины в бригаде, обеспечение ротации студентов по видам работ, материальная ответственность за приборы, инструменты и материалы, полученные на бригаду по росписи бригадира, организация камеральной обработки полученных материалов и их сдачу. Задание выдается каждой бригаде. Выполнение работ по заданию, камеральная обработка результатов и подготовка отчета производится членами бригады совместно. Проверка знаний по каждому заданию осуществляется индивидуально у каждого студента. При успешном выполнении всех заданий и обнаружении удовлетворительных знаний студенту ставится зачет.

При проведении практики студенты обязаны бережно относиться к природным объектам, полученным приборам, не ломать деревья и кустарники, не уничтожать дерновый слой, не жечь костров, не захламлять территорию работ, не причинять ущерб возделанным участкам.

6.1. Оснащение полевым оборудованием

Проведение учебной геологической и гидрологической практики во многом зависит от обеспеченности студентов соответствующим снаряжением и материалами. Для геологической практики необходимо иметь: геологический молоток, горный компас, увеличительные лупы (ув.2-7 раз), сосуд с 10%-й соляной кислотой, рулетка, полевой дневник, шкала твердости, фотоаппарат, топографическая карта масштаба 1:50 000 или 1:100 000, космический снимок, набор медикаментов.

6.2. Техника безопасности при проведении практики

При проведении учебной геологической практики необходимо осуществлять ряд мероприятий, направленных на строгое выполнение правил по технике безопасности в полевых условиях. Прежде всего студенты. Отъезжающие на практику, должны иметь медицинскую справку о состоянии здоровья и желательно выполнить предохранительные прививки. Подобные мероприятия осуществляются до экзаменационной сессии в течении учебного семестра. Вторым обязательным мероприятием является сдача зачета по тестированию и инструктаж студентов перед началом учебной практики об условиях работы, правилам безопасности и охраны труда. Студенты, сдавшие зачет по тестированию, по технике безопасности. Расписываются в соответствующих журналах, удостоверяя тем самым, что они подготовлены к учебной практике и знакомы с правилами безопасности и охраны труда на учебной геологической практике. В результате сдачи зачета по тестированию студенты должны быть подготовлены к учебной практике, должны хорошо усвоить правила техники безопасности при: 1. Проведении маршрутов; 2. Работа в тайге и горной местности; 3. Работа в карстовых областях; 4. Пользовании автотранспортом; 5. Оказание медицинской помощи.

Перед проведением геологических маршрутов все студенты инструктируются преподавателем о правилах передвижения применительно к местным условиям. Если маршрут проходит по дороге. Группа студентов идет по левой обочине против движения основного транспорта, а головная и хвостовая части колонны обозначаются сигнальными флажками. Движение студенческих групп должно быть компактным, обеспечивающим постоянную видимость или голосовую связь между отдельными членами группы и возможность взаимопомощи.

При описании обнажения студенты должны находиться в некотором удалении от него с тем, чтобы исключить возможность несчастных случаев при обвале. Во время проведения маршрута студентам категорически запрещается купаться, без разрешения преподавателя покидать группу.

Поскольку в маршрутах применяется автотранспорт. Необходимо обеспечить правила безопасности пользования им. С этой целью автобус, предназначенный для перевозки людей, при необходимости оборудуют привязными ремнями. Количество перевозимых практикантов не должно превышать норм грузоподъемности автобуса. Стоять в автобусе во время движения запрещается. Ответственность за перевозку практикантов в маршрутах наряду с водителем несут преподаватель, староста и бригадир из числа студентов, находящихся в автобусе.

Необходимым условием санитарной гигиены при проведении полевых маршрутов является соблюдение правил и норм питьевого водоснабжения. Используется только питьевая вода. Пользоваться водой из колодцев и мелких поверхностных водоемов не разрешается. Перевозят воду в специальной посуде (фляги, термосы), отвечающей санитарным нормам.

Медицинскую помощь во время практики оказывает преподаватель. С этой целью преподаватель должен пройти инструктаж врача по оказанию первой помощи при переломах, растяжениях, вывихах, ожогах, солнечных ударах и т.д. Необходимо иметь в маршрутах индивидуальные пакеты и наставления по оказанию первой медицинской помощи применительно к специфике данного района.

Правила по технике безопасности должно быть тщательно изучены до начала работ.

6.3. Организация учебного процесса в полевых условиях

В отличие от стационарного процесса обучения в институте учебный процесс в полевых условиях обладает рядом особенностей (мобильность, относительная кратковременность периода практики, специфичность ее проведения), которые существенным образом влияют на его характер и определяют основные периоды организации практики.

Глава 7. Подготовительный период

7.1. Организация геологических исследований

Комплексное изучение природных условий предполагаемого участка строительства необходимо для получения исходных данных, обеспечивающих проектирование и строительство сооружения, принятие технически правильных и экономически целесообразных решений.

7.2. Инженерно-геологические условия и последовательность их изучения

Инженерно-геологические условия территории определяются геологическим строением, тектоникой, геоморфологией, гидрогеологией, геологическими процессами и явлениями, а также физико-механическими свойствами горных пород.

Без учета инженерно-геологических условий нельзя правильно произвести планирование рационального использования территории, размещения на них различных видов строительства инженерных сооружений, их строительство и нормальную эксплуатацию.

Важнейшим элементом инженерно-геологических условий той или иной территории являются горные породы, участвующие в ее геологическом строении, распространение подземных вод и месторождений строительных материалов. В то же время горные породы служат естественным основанием для различных сооружений и строительным материалом. Поэтому при оценке инженерно-геологических условий площади, участков необходимо в первую очередь показать закономерности распространения на них горных пород, обладающих различным составом, строением и физико-механическими свойствами.

В стадию рекогносцировочных исследований (ТЭО) первостепенную информацию об инженерно-геологических условиях обычно получают при полевом исследовании рельефа местности, изучении топографических карт и аэрофотоснимков. Решаются задачи, связанные с составлением схемы использова-

ния территорий, выбором места расположения строительной площадки, трассы дороги, рельеф и геологические процессы его формирования являются ведущими в решении инженерных задач.

Геологическое строение и гидрогеология – это важнейшие элементы инженерно-геологических условий на всех стадиях инженерных изысканий. Однако степень детальности изучения на каждой стадии различны.

При проектировании на основании изучения фондовых и литературных материалов и выполнения съемки важно получить ясное представление о геологическом строении района, стратиграфическом и гидрогеологическом разрезе геологических образований, чтобы обосновать схему комплексного использования территории и выбрать вариант размещения первоочередного объекта, а в дальнейшем правильно интерпретировать материалы более детальных исследований, выполняемых на отдельных участках.

На стадии детальных исследований изучают геологическое строение и гидрогеологические условия участка, площади. В результате этого изучения не должно остаться неясных вопросов о порядке напластования горных пород, об условиях их залегания, о параметрах водоносных горизонтов, комплексов. Такие данные получают в результате детальной съемки, опытных работ, стационарных наблюдений.

О физико-механических свойствах горных пород на начальных стадиях изысканий судят по их петрографическим особенностям, тогда как на последующих стадиях выполняют специальные лаборатории и полевые исследования, в результате которых получают не только обобщенные, но и расчетные показатели водно-физических и механических свойств горных пород.

Представление о месторождениях полезных ископаемых для строительства вначале получают по общим геологическим данным из литературных и фондовых источников, а затем на стадии предварительных и детальных исследований производят поиски и разведку месторождений.

7.3. Виды геологических работ на разных стадиях инженерных изысканий

При изучении инженерно-геологических условий территории на каждой стадии изысканий и решении при этом различных задач, связанных с проектированием сооружений и инженерных работ, применяют различные методы и виды геологических работ в определенной последовательности. Камеральные работы выполняются на всех стадиях исследований. В состав этих работ входят изучение литературы, фондовых материалов, составление программ и проектов исследований, выполнение полевой и окончательной обработки материалов, составление отчетов, заключений. На начальных стадиях изысканий основным видом геологических работ является инженерно-геологическая съемка, которая сопровождается небольшим объемом других видов геологических работ с целью более обоснованного выбора места расположения первоначальных объектов.

На стадии детальных исследований, выполняемых для обоснования технического проекта сооружений, основными видами геологических работ являются разведочные и полевые опытные работы, а также значительные объемы режим-

ных и лабораторных работ. На этой стадии завершается инженерно-геологическая съемка.

В перечне видов работ определенное место занимает паспортизация сооружений, т.е. обследование в связи с реконструкцией, расширением или появлением и развитием деформаций, нарушением устойчивости. В этих случаях возникает необходимость в обследовании состояния сооружения.

7.4. Инженерно-геологическая классификация горных пород

Изучение основ инженерной геологии целесообразно начать с изучения грунтов и их основных свойств. Грунты – это горные породы и почвы, которые залегают в верхней части земной коры, находятся в сфере воздействия производственной деятельности человека и могут быть использованы в качестве оснований, среды и материалов для различных зданий и сооружений. Преобладающее значение в грунтоведении имеет изучение свойств рыхлых (крупнообломочных и песчаных) и глинистых грунтов, которые широко распространены на земной поверхности и чаще других грунтов служат основанием для разного рода зданий и сооружений, а также материалом для возведения земляного полотна дорог и других инженерных объектов.

7.5. Классификация грунтов по строительным свойствам

В зависимости от состава и строительных свойств грунты подразделяются на две группы: скальные и нескальные [12]. Последние, в свою очередь, разделяются на крупнообломочные, песчаные и глинистые.

Скальные грунты распределяются на разновидности только по строительным свойствам. Критерием разделения служат временное сопротивление одноосному сжатию в водонасыщенном состоянии (очень прочные, прочные, средней прочности, мало прочные, полускальные); коэффициент размягчаемости в воде (неразмягчаемые, размягчаемые); степень выветрелости (невыветрелые, слабо выветрелые, выветрелые, и сильно выветрелые). Для грунтов, которые способны растворяться в воде (известняк, гипс, каменная соль и др.), устанавливается степень растворимости.

Некоторые крупнообломочные и песчаные грунты подразделяются по крупности их зернового состава и степени влажности. Пески кроме того по плотности сложения, крупнообломочные грунты – по значению выветрелости.

Для крупнообломочных грунтов большое значение имеет выветрелость обломков. По величине коэффициента выветрелости их подразделяют на выветрелые, слабо выветрелые, сильно выветрелые.

Песчаные грунты по плотности сложения в зависимости от величины коэффициента пористости бывают плотные средней плотности, и рыхлые.

Глинистые грунты подразделяются на виды в зависимости от числа пластичности, показателя консистенции и удельного сопротивления пенетрации.

По числу пластичности (J_p) они делятся на супеси, суглинки и глины (табл.3). Показатель консистенции (J_L) делит супеси на твердые, пластичные и текучие, а суглинки и глины – на твердые, полутвердые, тугопластичные, мягкопластичные и текучие. По удельному сопротивлению пенетрации (P_{II} Мпа)

глинистые грунты подразделяются на очень прочные, средней прочности и слабые. Из глинистых грунтов, в связи со специфическими свойствами, в особые грунты выделяются илы, лесс и набухающие грунты.

Классификация грунтов по содержанию глинистых частиц

Таблица 3,

Грунт	Содержание глинистых частиц по массе, %	Число пластичности
Глина	□ 30	□ 0,17
Суглинок	30-10	0,17 – 0,07
Супесь	10-3	0,07 – 0,01
Песок	< 3	0

7.5.1. Скальные грунты

В группу скальных грунтов входят магматические, метаморфические и осадочные породы в кристаллическом состоянии. Они залегают в виде сплошного массива. Несжимаемы, водоустойчивы. Практически водонепроницаемы. Вода может фильтроваться только по трещинам массивов.

К группе скальных грунтов относятся так называемые полускальные грунты. Это сильно трещиноватые и выветрелые магматические, вулканические и ряд осадочных пород – гипс, ангидрит, мел, а также конгломераты, брекчии на слабом цементе. Это породы достаточно устойчивы, но не менее прочны. Чем скальные. Более пористые и влагоемкие.

Полускальные грунты обладают некоторой способностью пластически консолидироваться. Грунт под зданиями и сооружениями в ряде случаев может уплотняться.

Для скальных и полускальных грунтов важна трещиноватость.

7.5.2. Нескальные грунты

Основу нескальных грунтов составляет твердая минеральная масса. Присутствует также вода и органика.

Твердая часть слагается из первичных и вторичных зерен. Первичные зерна представляют собой обломки пород и минералы (кварц, полевые шпаты и др.). Вторичные частицы образовались в грунте позже в результате физико-химических процессов. Первичные зерна являются скелетом грунта, а цементирующим веществом служат вторичные образования (глина и др.).

Грунты чаще всего содержат органический материал. В зависимости от количества и состояния органический материал называют торфом или гумусом. Торф – грубая полуразложившаяся масса растительных остатков. Гумус – сложное высокодисперсное органо-минеральное соединение. Наличие органики придает грунтам повышенную влагоемкость, плохую водопроницаемость и водоотдачу, в глинистых грунтах повышается пластичность, возрастает набухание.

Вода в грунтах присутствует практически всегда. Количество воды различное.

7.5.3. Гранулометрический состав

Под гранулометрическим составом грунта понимают весовое содержание в грунте частиц различной крупности, выраженное в процентах по отношению к весу сухой навески, взятой для анализа. Гранулометрический состав – основной показатель структуры рыхлообломочных грунтов.

Структура породы – величина, форма и характер поверхности элементарных частиц, слагающих породу. При преобладании в породе частиц крупнее 0,1мм структура называется псаммитовой или зернистой, частиц 0,1-0,005мм – алевроитовой, а более мелких частиц – пелитовой. Грунты, состоящие из смеси частиц различной крупности, имеют смешанную структуру.

Каждый нескальный грунт состоит из массы обломков различного размера. Обломки, близкие по размеру и свойствам, объединяются в группы, называемые гранулометрическими фракциями. Каждая фракция имеет свои предельные размеры обломков и свое наименование (табл. 4).

Гранулометрические фракции нескальных грунтов

Таблица 4

Размер фракции, мм	Наименование фракций
Более 200	Валуны (глыбы)
200 - 40	Галька (щебень)
40-20	Гравий крупный
20 - 10	Гравий средний
10 - 4	Гравий мелкий
4 - 2	Гравий очень мелкий
2 – 1,0	Песок очень крупный
1,0 – 0,5	Песок крупный
0,5 – 0,25	Песок средний
0,25 – 0,1	Песок мелкий
0,1 – 0,05	Песок очень мелкий
0,05 – 0,01	Пылеватые частицы очень крупные
0,01 – 0,005	Пылеватые частицы мелкие
0,005 – 0,001	Глинистые частицы грубые
Менее 0,001	Глинистые частицы мелкие

Гранулометрический состав является одним из важнейших характеристик нескальных грунтов, имеющих существенное значение для оценки их литологического типа и физико-механических свойств. Определение его производится с помощью гранулометрического анализа.

Этот анализ производится для песчаных грунтов с помощью ситового анализа, который заключается в последовательном просеивании пород через набор сит и взвешивании материала, оставшегося на каждом сите. Для просеивания гравелистых песчаных пород применяется стандартный набор сит с диаметром отверстий 10, 5, 2, 1, 0,5 мм.

Если в грунте присутствуют частицы размерами 0,1мм и мельче, его пропускают через сита с отверстиями 10, 5, 2, 1, 0,5, 0,25 и 0,1мм с промывкой водопроводной либо профильтрованной дождевой или речной водой. Влажные остатки смывают с сит в фарфоровые чашки, воду выпаривают, а фракции грунта высушивают при температуре 105 С до постоянного веса в сушильном шкафу. Затем рассчитывают содержание в процентах веса фракций к весу взятой для анализа навески сухого грунта. Результаты анализа представляют в виде таблицы, в которой указывают процентное содержание в грунте следующих фракций: крупнее 10, 10-5, 5-2, 2-1, 1-0,5, 0,5-0,25, 0,25-0,1, и менее 0,1мм.

Очень часто в строительной практике приходится встречаться с грунтами, состоящими из смеси глинистых, пылеватых и песчаных частиц. Такие грунты различают по содержанию глинистых частиц (табл.3).

7.5.4. Пластичностью глинистых грунтов называют способность глинистого грунта под действием внешнего давления изменять свою форму без разрыва сплошности и сохранять приданную ему форму после прекращения давления. Пластичные свойства обуславливаются наличием пленочной воды на частицах глинистых грунтов. Влажность, при которой глинистый грунт переходит из твердого состояния в пластичное или наоборот, называют границей раскатывания (W_p), а влажность грунта при переходе из пластичного состояния в текучее – границей текучести (W_L).

Диапазон влажности между этими границами отвечает пластическому состоянию грунта. Разность между W_p и W_L числом пластичности (J_p), т.е. $J_p = W_L - W_p$. Это тот интервал влажности, в пределах которого грунт находится в пластическом состоянии.

Число пластичности тесно связано с такими важными для строительства свойствами глинистых грунтов, как сжимаемость, набухание, усадка и др. Поэтому, согласно Строительным нормам и правилам (СНиП, гл. II, разд. Б,ч.1.1962), число пластичности положено в основу классификации глинистых грунтов, приведенных в табл. 3.

Консистенция глинистых грунтов или показатель текучести – это характеристика состояния грунта нарушенной структуры. Или под консистенцией понимается степень подвижности частиц глинистого грунта, обусловленная различным содержанием в ней воды. Ее вычисляют по формуле:

$$V = \frac{W - W_p}{W_n}, \quad (7.1)$$

Где V - консистенция; W - влажность грунта в данном состоянии;

W_p - граница раскатывания; W_n - число пластичности грунта.

Наименование глинистого грунта по консистенции устанавливают по табл.5.

Наименование глинистых грунтов по консистенции

Таблица 5

Наименование грунта	Консистенция, В
Супеси	
Твердые	$V < 0$
Пластичные	$0 \leq V \leq 1$
Суглинки и глины	
Твердые	$V < 0$
Полутвердые	$0 \leq V \leq 0,25$
Тугопластичные	$0,25 \leq V \leq 0,5$
Мягкопластичные	$0,5 \leq V \leq 0,75$
Текучепластичные	$0,75 \leq V \leq 1$
Текучие	$V \geq 1$

7.5.5. Пористость. В некоторых грунтах (галечниках, песках, суглинках и т.д.) имеются пустоты между зернами. Их называют скважностью, или пористостью (n). Пустоты в грунтах могут быть заполнены воздухом, но чаще всего водой. Они оказывают непосредственное влияние на свойства грунтов (на их прочность). Величина общей пористости (n) выражается в % и представляет собой суммарный объем пустот в единице объема грунта. Общую пористость вычисляют по формуле:

$$n = V_n / V \times 100, \quad (7.2)$$

Где n - пористость породы, выраженной в процентах;

V_n -объем пор; V - объем породы.

Величина пористости песчаных грунтов зависит от размера зерен и их формы. Наибольшей пористостью обладают дисперсные грунты. Например, пористость песков – 28-35%, а глин – 60-75%.

Помимо общей различают активную пористость ($n_{акт}$), она характеризует объем пустот грунта с $d \leq 0,02$ мм, по которым проходит движение свободной жидкости.

Пористость может быть оценена отношением объема пор к объему твердой части скелета грунта, называемым коэффициентом пористости грунта

$$e = n / (1 - n). \quad (7.3)$$

Среднее значение коэффициента пористости песчаных грунтов по СНиП приведено в табл.6.

Значение коэффициентов пористости песков

Таблица 6

Пески	Значение e для песков		
	плотные	Средней плотности	рыхлые
Гравелистые, крупные, средней крупности	$e < 0,55$	$0,55 \leq e \leq 0,7$	$e \geq 0,7$

Мелкие	$e < 0,6$	$0,6 \leq e \leq 0,75$	$e \leq 0,75$
Пылеватые	$e < 0,6$	$0,6 \leq e \leq 0,8$	$e \leq 0,8$

У суглинков и глин коэффициент пористости составляет в среднем 67-90%. Такие сквозные грунты называют нормально уплотненными.

7.5.6. Степень влажности – отношение естественной влажности к влажности, соответствующей полному заполнению пор водой:

$$S_R = W \rho_s / e \rho_w, \quad (7.4)$$

Где ρ_s – плотность твердых частиц грунта; ρ_w – плотность воды принимается равной 1; e – коэффициент пористости.

По степени влажности крупнообломочные и песчаные грунты подразделяются в соответствии с данными табл.7.

Классификация грунтов по степени влажности

Таблиц 7

Крупнообломочные и песчаные грунты	Степень влажности
Маловлажные	$0 < S_R \leq 0,5$
Влажные	$0,5 < S_R \leq 0,8$
Насыщенные водой	$0,8 < S_R < 1$

7.5.7. Удельный вес грунта и его твердых частиц определяют соответственно по формулам:

$$\gamma_{sd} = \rho g; \quad \gamma_s = \rho_s g, \quad (7.5)$$

где g – ускорение свободного падения; ρ – плотность естественная. ρ_s – плотность твердых частиц.

Уменьшение удельного веса грунта в результате взвешивающего действия воды, возникающего в соответствии с законом Архимеда для грунта, залегающего ниже уровня грунтовых вод, находят из выражения

$$\gamma_{SB} = (\gamma_s - \gamma_w) / (1 + e), \quad (7.6)$$

Где γ_w – удельный вес воды; γ_s – удельный вес твердых частиц; e – коэффициент пористости.

Для расчета и проектирования естественных оснований необходимо знать механические характеристики грунтов. В большинстве случаев эти характеристики определяют путем лабораторных исследований образцов грунтов, отобранных на строительной площадке, и только в виде исключения эти данные можно принимать по табл. СНиП.

К основным механическим характеристикам относятся: сопротивление грунтов сдвигу, сжимаемость и водопроницаемость.

7.5.8. Соппротивление грунтов сдвигу τ устанавливают путем испытания на срез образцов грунта. По данным испытаний строят график. Величину τ находят по следующей формуле:

$$\tau = \sigma \operatorname{tg} \varphi + c, \quad (7.7)$$

где σ – нормальное напряжение; φ - угол внутреннего трения грунта;

$\operatorname{tg} \varphi$ - коэффициент внутреннего трения; c – удельное сцепление в глинистых грунтах или параметр линейности в песчаных грунтах.

7.5.9. Сжимаемость (уплотняемость) грунтов характеризуется коэффициентом относительной сжимаемости α_0 или модулем общей деформации E_0 , определяемым на основе лабораторных испытаний в специальном приборе одноосного сжатия, называемом одомером.

Для определения коэффициента относительной сжимаемости (m_v), необходимо определить коэффициент сжимаемости (уплотнения) грунта

$$m_0 = e_1 - e_2 / p_2 - p_1, \quad (7.8)$$

где e_1 и e_2 – коэффициенты пористости, соответствующие давлениям p_1 и p_2 ; $p_2 - p_1 = p$ – заданный расчетный интервал давлений, или так называемое действующее давление.

В расчетах чаще используют коэффициент относительной сжимаемости грунта:

$$m_v = m_0 / (1 + e_0), \quad (7.9)$$

Где - m_0 – коэффициент сжимаемости грунта для заданного расчетного интервала давления, т.е. это относительная деформация, приходящаяся на единицу давления. e_0 - начальное (до уплотнения) значение коэффициента пористости.

Величина, представляющая собой коэффициент пропорциональности между напряжениями и общими деформациями грунта, носит название модуля общей деформации. Величина E_0 соответствует модулю общей деформации:

$$E_0 = \beta / m_v = (1 + e_0 / m_0) \beta, \quad (7.10)$$

Где β - коэффициент, учитывающий отсутствие поперечного расширения грунта в приборе. Значение β обычно применяется для: песков – 0,76; супесей – 0,72; суглинков – 0,57; глин – 0,43.

Модуль общей деформации часто определяют по данным полевых испытаний грунтов статической нагрузкой с помощью жестких штампов в подготовленном шурфе.

7.5.10. Водопроницаемость грунтов оценивается с помощью коэффициента фильтрации, используемого при расчетах затухания осадки фундаментов во времени. Для хорошо фильтрующих грунтов (песков, супесей и др.) коэффициент фильтрации определяют с помощью специального прибора. Коэффициент фильтрации определяют по формуле

$$K_f = V / A i t, \quad (7.11)$$

Где – V – объем воды, I – гидравлический градиент, определяемый по формуле: $i = (H_2 - H_1) / L$, (7.12)

Где t - время, за которое через образец грунта профильтровался объем воды V ; A – площадь поперечного сечения образца грунта.

Различают фильтрационные (перемещающиеся в водоносном пласте) воды и инфильтрационные (просачивающиеся через слой породы сверху вниз). Отсюда коэффициент инфильтрации это доля осадков, просачивающихся с поверхности и питающих подземные воды.

Глава 8. Период проведения полевых геологических маршрутов

Этот период является одним из основных и ответственных в полевых условиях [10]. Преподаватель сообщает о ближайших маршрутах, рассказывает о порядке проведения маршрутов, о распределении обязанностей между членами бригады. В каждом маршруте одни практиканты отвечают за составление абриса обнажений или карьера, другие за отбор образцов горных пород, фотографирование геологических объектов и т.д.

Объем геологической информации при производстве полевых геологических наблюдений накапливается для камеральной обработки и составления отчета.

8.1. Целевое назначение маршрутов

Геологические маршруты являются составной частью учебного процесса полевой геологической практики и основной формой производства полевых геологических наблюдений. Их форма, содержание и количество определяются целями и задачами, планом и программой полевой геологической практики. Учебные маршруты разрабатываются с учетом различных факторов. Основными из них являются природные условия, степень обнаженности коренных пород и особенности геологического строения района. В условиях мобильного режима проведения практики все маршруты однодневные, чтобы каждый из них можно было осуществить в течение одного рабочего дня.

Геологические маршруты могут содержать самую разнообразную по виду и объему геологическую информацию. В целом объем геологической информации, получаемой в процессе полевых наблюдений, определяется особенностями геологического строения района, степенью обнаженности коренных пород, наличием различных геологических объектов и явлений и т. д.

При организации маршрутов необходимо учитывать, что они проводятся при массовом участии студентов-практикантов. Желательно, чтобы в каждом маршруте находилось не более двух студенческих групп (около 20–30 человек). Во время маршрута на каком-либо геологическом объекте наблюдения должно присутствовать не более 2–4 бригад. В маршруте рекомендуется соблюдать определенную очередность и интервал следования бригад.

8.2. Работа на точке наблюдения

Во время проведения маршрутов необходимо студенты должны обращать внимание на характер рельефа, обнаженность. Однако основная работа – изучение горных пород, их прочностные свойства, геоморфологические и гидрогео-

логические наблюдения, которые детально рассматриваются и записываются в полевой дневник. На точке наблюдения следует прежде всего сориентироваться по странам света (по компасу, солнцу, часам или другим способом) и определить нахождение точки на местности, т. е. дать ее адрес. Главную роль в привязке играют географические ориентиры, а также определение местонахождения методом засечек по азимутам на хорошо заметные элементы рельефа, устья рек, характерные излучины и т. д. После привязки наносят местонахождение данной точки наблюдения на карту-схему под соответствующим номером.

При рассмотрении геологического строения отдельного участка на точке целесообразно прежде всего описать геологические явления – геоморфологию, тектонику, деятельность различных геологических агентов, затем переходить к описанию пород обнажения. Прежде всего, уточняют местоположение обнажения или карьера, отмечают его размер. Описание дается либо в обобщенном виде, либо более подробно – послойно или по отдельным пачкам. В последнем случае лучше описывать слои и пачки снизу вверх, однако возможен и обратный порядок описания, что обязательно нужно оговорить вначале.

При описании пород полезно придерживаться общей схемы:

- 1) название породы;
- 2) цвет и оттенки;
- 3) плотность и крепость;
- 4) излом;
- 5) минералогический состав;
- 6) структура, т.е. форма и размер слагающих породу фрагментов (кристаллов, зерен и т. д.);
- 7) текстура, т. е. характер взаимоотношения этих фрагментов (сланцеватая и гнейсовая для метаморфических пород, различного вида слоистая для осадочных, наклонное залегание и т. д.);
- 8) включения (пирит, ожелезнение и т. д.).

При определении пород рекомендуется пользоваться табл. 8 и 9.

Классификация магматических горных пород по SiO₂

Таблица 8

Состав пород		Породы	
содержание диоксида кремния SiO ₂ , %	минералы	глубинные	излившиеся (аналоги глубинных)
Кислые породы (75–65)	Кварц, полевые шпаты (чаще ортоклаз), слюды	Граниты	Кварцевый порфир, липарит
Средние породы (65–52)	Полевые шпаты (чаще ортоклаз), роговая обманка, биотит	Сиениты	Ортоклазовый порфир, трахит
	Плагиоклазы, роговая обманка, авгит, биотит	Диориты	Порфирит, андезит
Основные поро-	Плагиоклазы (чаще лаб-	Габбро	Диабаз, базальт

ды (52–40)	радор), авгит, иногда оливин		
Ультраосновные породы (менее 40)	Авгит	Пироксениты	–
	Авгит, оливин, рудные минералы	Перидотиты	–
	Оливин, рудные мине- ралы	Дуниты	–

Классификация обломочных осадочных пород

Таблица 9

Размер обломков, мм	Породы				Струк- тура
	рыхлые		сцементированные		
	окатанные обломки	остро- угольные обломки	окатанные обломки	остро- угольные обломки	
Более 200	Валуны	Глыбы	Валунный конгломе- рат	Глыбовая брекчия	Псефито- вая
От 200 кр. з. 200–50 ср. з. 50–25 до 10 м. з. 25–10	Галечник	Щебень	Конгло- мерат	Брекчия	
От 10 кр. з. 10–5 ср. з. 5–2,5 до 2 м. з. 2,5–2	Гравий	Дресва	Гравелит		
От 2 кр. з. 2–0,5 ср. з. 0,5–0,25 до 0,05 м. з. 0,25–0,1 Пылеватые 0,1–0,05	Песок		Песчаник		Псаммито- вая
От 0,05 кр. з. 0,1–0,05 ср. з. 0,05–0,025 до 0,005 м. з. 0,025–0,01	Алеврит		Алевролит		Алеврито- вая
Менее 0,005	Глина (пелит)		Аргиллит		Пелитовая

Примечание: кр. з. – крупнозернистый; ср. з. – среднезернистый; м. з. – мелкозернистый.

Из табл. 8 видно, что любая магматическая порода представляет собой минеральный агрегат, в основном состоящий из силикатов. Породообразующими минералами являются следующие:

- светлоцветные минералы – кварц, полевой шпат, нефелин;
- темноцветные минералы – оливин, пироксен, амфибол, биотит.

По степени окрашенности в неизмененных разностях ультраосновные породы имеют черный цвет, основные – темно-серый, средние – серый и кислые – светло-серый и светло-розовый до белого. Однако в природе кислая порода

может содержать темноцветных минералов заметно больше, а основная, наоборот, оказаться значительно светлее своего нормального типа. В этом случае необходимо обратить внимание на состав темноцветных минералов. Так, оливин встречается главным образом в ультраосновных породах. Пироксены также типичны для ультраосновных и основных пород. В средних породах обычно присутствует роговая обманка, а в кислых – биотит.

Не менее важную роль в определении магматических пород играют полевые шпаты и кварц. Ультраосновные породы вообще являются породами безполевошпатовыми и безкварцевыми. Основные породы содержат основные (богатые кальцием) плагиоклазы. Кварц и калиевый полевой шпат отсутствуют. Средние породы содержат (натриево-кальциевые) плагиоклазы и часто лишены кварца, а для кислых пород характерны кислые (кальциево-натриевые) плагиоклазы, калиевые полевые шпаты и кварц.

Следует отметить, что исследователь не может дать сразу точно определенное название горной породы, поскольку неизвестны состав слагающих ее плагиоклазов и особенности состава темноцветных минералов, что требует уже во всех случаях применения методов микроскопического изучения.

В табл. 9 приведена классификация осадочных горных пород по величине, форме обломков и степени их сцементированности. Следует обратить внимание на неокатанные, угловатые крупные обломки горных пород размером более 200 мм, относимые к глыбам; окатанные обломки относятся к валунам, которые используются как строительный материал. Щебень с остроугольными обломками размером от 10 до 200 мм и дресва (от 2 до 10 мм) широко применяется в дорожном строительстве наряду с галечником и гравием. Пески и песчаники применяются во многих отраслях промышленности. В зависимости от того, сколько минералов входит в состав песка, различают:

- мономинеральные пески, состоящие из одного минерала;
- олигомиктовые пески, состоящие из двух минералов;
- полимиктовые пески, состоящие из нескольких минералов.

Мелкообломочные породы (алевриты и алевролиты) занимают промежуточное положение между песчаными и глинистыми породами и имеют ограниченное распространение.

Чистые глины называют жирными, а со значительной примесью песка – тощими. Последние распространены чрезвычайно широко. Применение их разнообразно (кирпич, грубая посуда, черепица, минеральные краски и т. д.). Мономинеральные глины (каолиновые, монтмориллонитовые и др.) являются более ценными.

В описании отложений указывают элементы залегания, мощности, отмечают места взятия образцов, возраст пород. В заключительной части описания делают различные выводы об условиях накопления осадочных пород и образования тех или иных минералов, прочностных свойств и т. д. Следует также сделать необходимые зарисовки, фотографии и т. д.

Таким образом, схема записи на точке наблюдения будет примерно следующей:

- 1) номер точки и ее адрес;

- 2) описание общегеологических наблюдений;
- 3) размер и тип обнажения;
- 4) описание пород;
- 5) элементы залегания, мощности, возраст;
- 6) общие выводы;
- 7) зарисовки и схемы.

Опыт проведения ряда практик показывает, что наиболее целесообразен следующий порядок работы на точке, где необходимо сделать описание пород. Прежде всего студенты должны внимательно осмотреть обнажение, отбить серию образцов, определить все имеющиеся здесь породы, выделить пласты и пачки. Руководитель консультирует и направляет работу как отдельных студентов, так и всей группы. После этого студенты делают схематическую зарисовку, а затем полное описание обнажения.

8.3. Ведение полевого дневника

Полевой дневник является основным и по сути дела единственным документом, содержащим все фактические материалы, полученные в процессе прохождения практики, на основании которых составляется итоговый отчет. Общие требования к дневнику сообщаются студентам еще до маршрутов на первой встрече.

В начале каждого маршрута отмечают дату и место работы или номер маршрута. На левой стороне страницы делают зарисовки, схемы, отмечают номера отобранных образцов. Здесь же делают пометки о фотографиях. При фотосъемке объектов необходимо помещать на них масштабные предметы (молоток, лопату, компас и т. д.).

8.4. Работа с горным компасом

Весьма важной задачей при проведении учебной геологической практики является обучение студентов пользованию горным компасом, с помощью которого замеряют залегание горных пород. Формы залегания осадочных, магматических и метаморфических горных пород весьма различны, что объясняется неодинаковыми условиями их образования. Для осадочных образований формой залегания является слой или пласт, первично обычно горизонтально лежащий, сложенный однородными породами и ограниченный более или менее параллельными поверхностями. Таким образом, основным морфологическим элементом осадочных горных пород является *слой*, или пласт, – геологическое тело, сложенное однородной осадочной породой, ограниченное двумя поверхностями напластования, имеющее более или менее одинаковую мощность и занимающее значительную площадь. Обычно пласт, или слой, называют по преобладающей в их составе породе. Например, слой (пласт) известняка, слой (пласт) песчаника и т. д. Как уже указывалось, в слоистой толще осадочных горных пород каждый слой (пласт) отделен от вышележащего и нижележащего слоя (пласта) поверхностью напластования. Поверхность, ограничивающая слой снизу, называется *подошвой*, сверху – *кровлей*. Таким образом, каждый слой (пласт) имеет кровлю и подошву.

В каждом слое (пласте) различают *мощность*. В геологии принято выделять (рис. 1) истинную (АВ), вертикальную (АР) и горизонтальную (АС) мощность слоя (пласта).

Истинной мощностью называется кратчайшее расстояние между кровлей и подошвой слоя (пласта), *вертикальной мощностью* – расстояние по вертикали от любой точки до подошвы слоя (пласта), *горизонтальной мощностью* – расстояние по горизонтали от любой точки кровли до подошвы слоя (пласта), измеренное в крест его простирания. В пределах ограниченной площади обычно истинная мощность слоя (пласта) более или менее постоянна.

Положение наклонного пласта в пространстве определяются ориентировкой линией простирания и падения, а также углом падения.

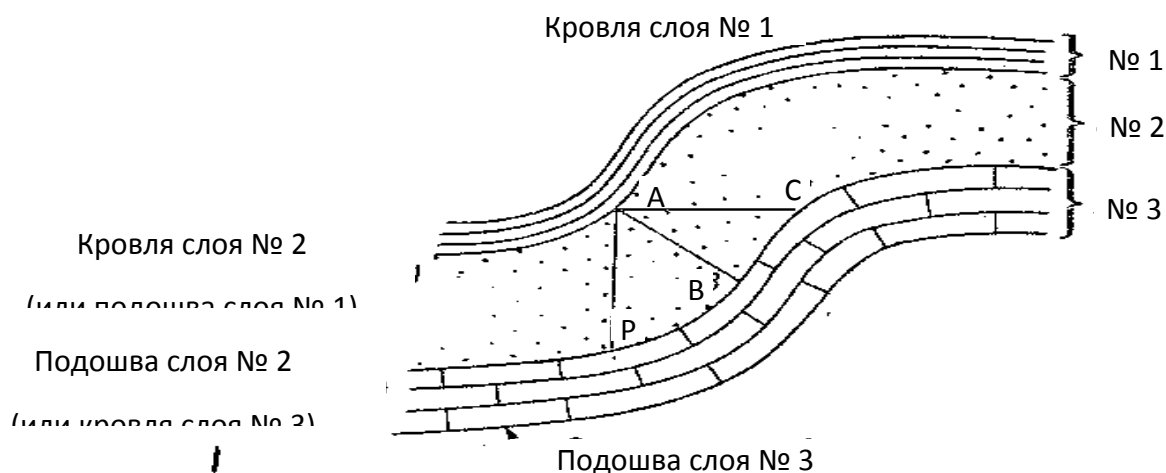


Рис. 1. Основные элементы слоя (пласта)

Линия простирания – это линия пересечения слоя (пласта) с горизонтальной плоскостью. Строго говоря, необходимо определить простирание кровли и подошвы слоя (пласта), но так как они в общем случае параллельны, то в полевых условиях определяют лишь линию простирания одной из этих поверхностей. Положение линии простирания относительно стран света называется *азимут простирания*.

Падение слоя (пласта) – наклон его к горизонтальной плоскости. Оно обычно характеризуется направлением и углом.

Угол падения – это угол между плоскостью слоя (пласта) и горизонтальной плоскостью.

Направление, или азимут падения, и угол наклона измеряются в градусах. Следует помнить, что азимут падения всегда перпендикулярен азимуту простирания пласта. Простирание, падение и угол падения являются элементами залегания слоя (пласта), которые определяют его ориентировку в пространстве.

Для определения элементов залегания пользуются горным компасом, который имеет следующие отличия от обычного. Горный компас обычно крепится на прямоугольной пластинке (латунной или пластмассовой) таким образом, чтобы диаметр 0–180 (направление юг-север) был параллелен длинным ее сторонам. Деления на лимбе от 0 до 360 идут в направлении, обратном ходу часо-

вой стрелки. Это сделано для того, чтобы величину азимутов простирания и падения можно было отсчитывать непосредственно по показанию северного конца магнитной стрелки. На игле горного компаса подвешен клинометр (отвес). По имеющемуся в компасе полулимбу с делением от 0 до 90 производят отсчет положения клинометра и таким образом определяют угол наклона (пласта).

При работе с горным компасом надо быть уверенным в его точности и, следовательно, в надежности производимых наблюдений. Поэтому при выборе компаса его надо проверить. Работа компаса считается нормальной, когда соблюдаются следующие условия:

1) Линия север-юг, проведенная на дне компаса, должна быть строго параллельной длинной стороне подставки. Это условие проверяют измерителем (циркулем).

2) Стрелка компаса должна свободно и плавно вращаться на острие. Чтобы проверить это положение, необходимо вызвать отклонение стрелки (каким-нибудь металлическим предметом) и посмотреть, как быстро она вернется в первоначальное положение.

3) Корпус компаса не должен быть магнитным. Чтобы проверить его магнитные свойства, стрелку вынимают из компаса, насаживают на конец острой иглы и смотрят, влияет ли на нее приближение корпуса горного компаса.

4) Для проверки клинометра (отвеса) компас устанавливают в горизонтальном положении и наблюдают, стоит ли отвес на делении 0.

Элементы залегания слоя (пласта) – азимута и угла падения, азимута простирания – замеряют следующим образом. На расчищенной площадке слоя (пласта) вначале определяют положение линии простирания слоя (пласта) (рис. 2). Для этого прикладывают длинную сторону подставки компаса к плоскости слоя (пласта) так, чтобы клинометр (отвес) показывал 0. Вдоль длинной стороны подставки проводят линию, которая соответствует направлению простирания пласта.

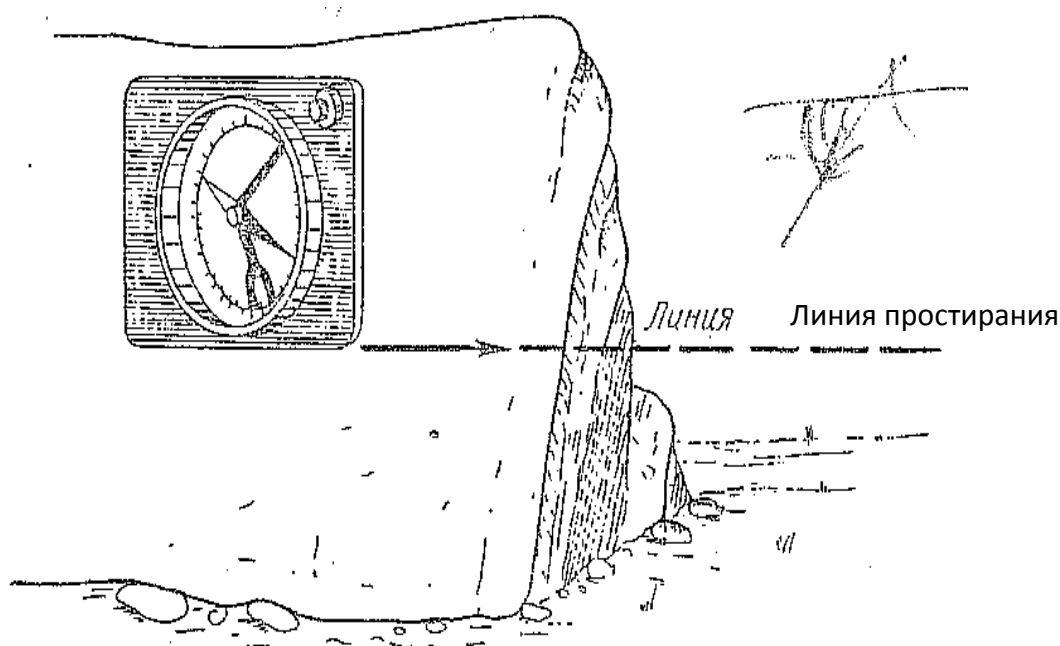


Рис. 2. Определение горным компасом линии простирания слоя (пласта)

Для определения угла падения слоя (пласта) (рис. 3) компас поворачивают таким образом, чтобы клинометр (отвес) показывал максимальный угол. В этом случае линия, параллельная длинной стороне компаса, будет указывать направление падения слоя (пласта). Необходимо помнить, что во всех случаях эта линия перпендикулярна линии простирания слоя (пласта).

Очень часто (при малых углах падения) сразу определяют угол падения. Для определения азимута падения слоя (пласта) (рис. 4) компас прикладывают к линии его простирания так, чтобы короткая южная сторона была прижата к поверхности слоя (пласта), а северная обращена в сторону падения слоя (пласта). Затем компас приводят в горизонтальное положение, отпускают арретир и после того, как магнитная стрелка успокоится, берут отсчет по лимбу, определяя таким образом азимут падения слоя. Отсчет берут по черному концу стрелки, указывающей север (светлый конец определяет юг).

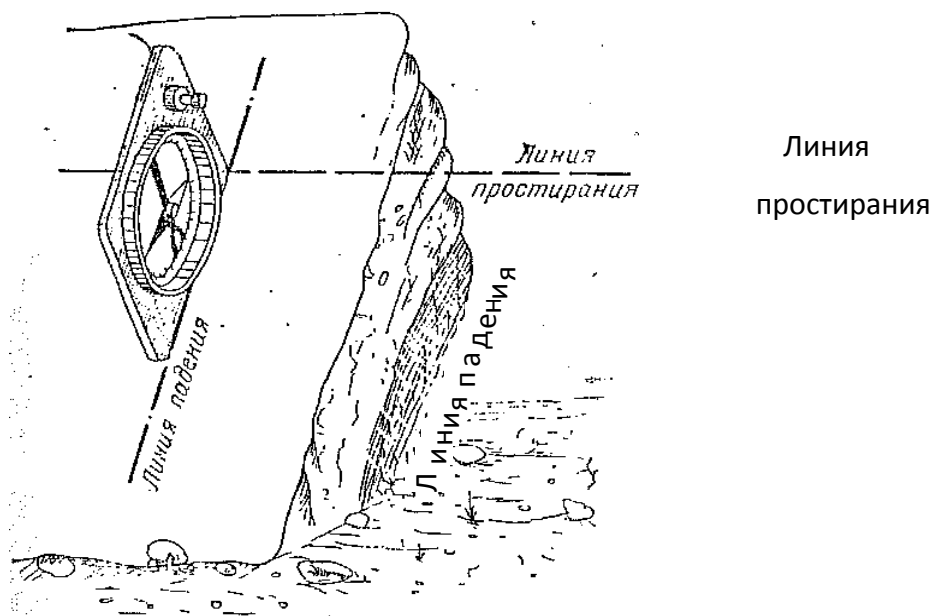


Рис. 3. Определение горным компасом линии падения слоя (пласта)

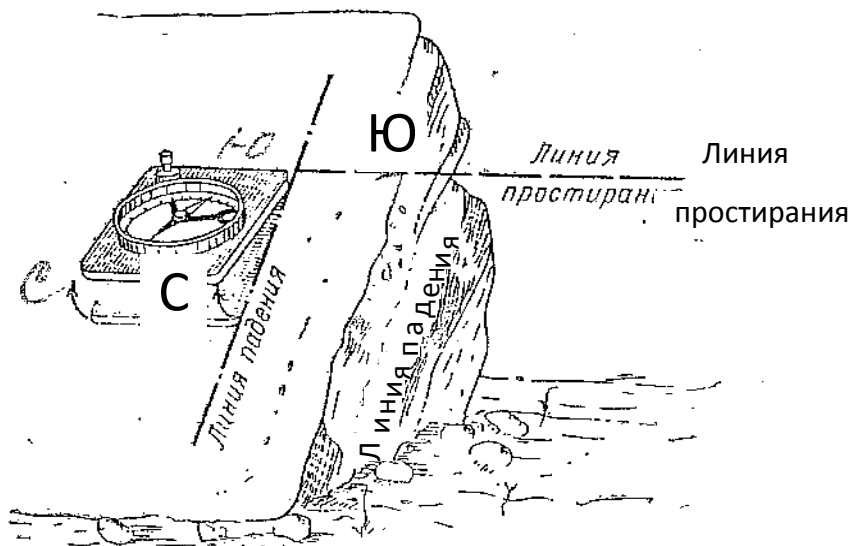


Рис. 4. Определение горным компасом азимута падения слоя (пласта)

Зная азимут падения слоя (пласта), не надо специально замерять азимута его простирания. Он обычно определяется расчетным путем. Для этого к азимуту падения, определенному горным компасом, прибавляют (или от него отнимают) 90. Например: азимут падения СЗ-300, азимут простирания ЮЗ-210.

Для того чтобы определить азимут простирания с помощью горного компаса (рис. 5), последний прикладывают длинной стороной к линии простирания слоя (пласта) и отсчитывают по лимбу азимут простирания. Другой азимут слоя (пласта) получают расчетным путем, для чего к замеренному азимуту простирания слоя (пласта) прибавляют 180.

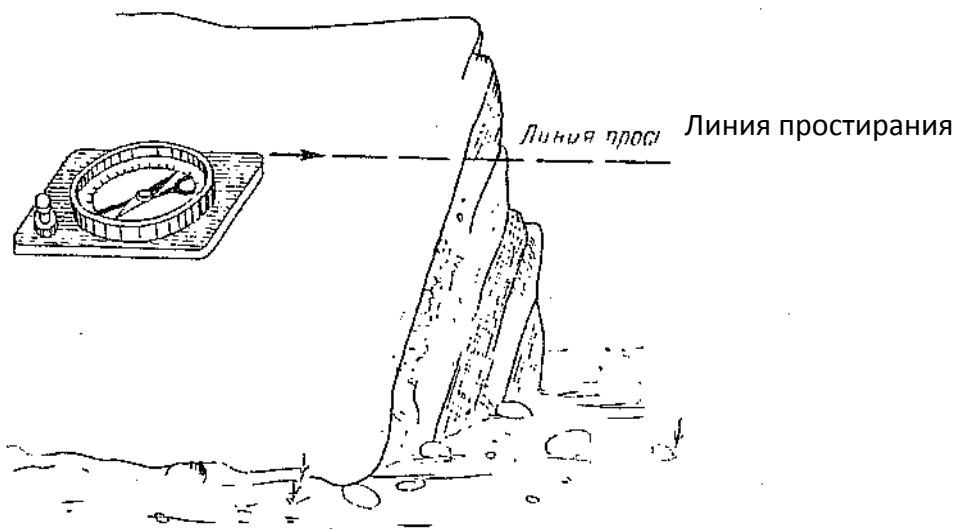


Рис. 5. Определение горным компасом азимута простирания слоя (пласта)

В полевых условиях, когда записи в полевом дневнике не могут быть четкими, у замеренных значений элементов залегания не ставят значка градуса, чтобы не спутать его с нулем и вместо, например, угла падения 8 получить 80 градусов. Полученные замеры элементов залегания пласта обычно наносят

на карту и записывают в полевом дневнике в следующем виде: аз. пад. 63 гр. 48мин.

8.5. Стратиграфические подразделения и их индексация

Прежде всего, что такое стратиграфия? «Стратиграфия – это раздел исторической геологии, охватывающей вопросы исторической последовательности, первичных взаимоотношений и географического распространения осадочных, магматических и метаморфических образований, слагающих земную кору и отражающих естественные этапы развития Земли и населяющего ее органического мира» [6]. Основным принцип стратиграфии довольно прост – чем выше в геологическом разрезе пласт, тем он моложе (при нормальном залегании пород).

Определенные этапы развития Земли зафиксированы в совокупности геологических признаков осадочных, метаморфических или магматических пород каждого этапа. Это позволило создать единую стратиграфическую шкалу земного шара, наиболее крупными единицами которой являются группы: архейская, протерозойская, палеозойская, мезозойская и кайнозойская. Группы делятся на более мелкие подразделения – системы, а те, в свою очередь, на отделы, которые состоят из ярусов.

Для геологических групп приняты следующие индексы: архей; протерозой; палеозой; мезозой; кайнозой. Для систем употребляются следующие индексы: кембрийская; ордовикская; силурийская; девонская; каменноугольная; пермская; триасовая; юрская; меловая; палеогеновая; неогеновая; четвертичная.

Отделы обозначают буквенными индексами систем с расположенными справа внизу от них арабскими цифрами 1, 2, 3 соответственно для нижнего среднего и верхнего отделов при трехчленном делении системы и 1, 2 – при двухчленном делении. Например: Т3 – верхнетриасовый отдел. Для отделов палеогеновой и неогеновой систем существуют специальные названия: палеоценовый – для нижнего, эоценовый – для среднего, олигоценовый – для верхнего отделов палеогеновой системы, миоценовый – для нижнего, плиоценовый – для верхнего отделов неогеновой системы. Индексы названных отделов образуются так же, как и всех других отделов, например: нижнеюрский отдел и т. д.

8.6. Отбор и этикетирование образцов

При работе на обнажении студенты должны научиться правильно отбирать образцы пород, этикетировать их, упаковывать и готовить к транспортировке. Образцы отбирают для того, чтобы охарактеризовать: основные типы пород изучаемых стратиграфических подразделений; главные минералы района практики и формы их выделения; их прочностные свойства.

Образец должен быть представительным, т. е. характеризовать типичный облик пород данного подразделения – их минералогию, структуру, текстуру и т. д. Размер образца определяется прежде всего задачами и объемом намечаемых исследований. Для простого макроскопического описания породы и ее иллюстрации размер образца должен составлять примерно (10 × 10) см. Каждый отобранный образец должен быть заэтикетирован, чтобы в любом случае мож-

но было привязать его, т. е. установить место отбора. Этикетка прикладывается к образцу непосредственно на месте его отбора. На этикетке обязательно отмечается район работ, номер бригады, номер образца, адрес отбора, возраст породы, дата отбора и подпись отобравшего данный образец. Нумерацию образцов необходимо вести от № 1 и далее, индексируя каждый новый образец следующим номером.

Глава 9. Отчетная документация о результатах геологической практики

После завершения всех маршрутов у студентов наступает ответственный период систематизации и обобщения изученных во время маршрутов объектов, написания и оформления отчета и его защиты. Опыт показывает, что написание глав отчета достаточно одного или двух дней, поэтому надо планировать время таким образом, чтобы отчет был написан за два дня до зачета. За это время студенты сдают преподавателю написанный ими материал, правят его, готовят рисунки, фотографии и т. д. Проверенные главы переписывают начисто, весь отчет собирают и оформляют в окончательном виде. С самого начала студентам должно быть известно, что они отчитываются не за отдельные главы, а весь отчет, за всю практику, поэтому и готовиться они должны по всему материалу.

9.1. Составление, содержание и оформление отчета

Главная цель написания отчета – научить студентов анализировать и обобщать наблюдения явлений или процессов, разрозненные по отдельным маршрутам, и геологически грамотно изложить результаты такого обобщения. Можно рекомендовать следующий план отчета и его содержание.

Введение. Прежде всего сообщается, что предполагаемая работа представляет собой отчет по учебной геологической практике, далее излагаются цели и задачи практики, сроки и место ее проведения, а также объем проведенных исследований: количество выполненных маршрутов и их цели. Здесь же сообщается состав бригады с указанием бригадира, а также фамилия преподавателя. К этому разделу прилагается карта-схема района практики с нанесением точек маршрутов.

Физико-географический очерк. В этой главе описываются рельеф, гидрография, климат, растительность. Дополнительные данные к наблюдениям можно получить из литературных источников.

Краткие сведения о стратиграфии района практики. Главу следует начать с краткого перечня главных стратиграфических подразделений, составляющих нормальный геологический разрез района. Далее необходимо упомянуть о том, что все стратиграфические описания проводятся снизу вверх от самых древних до четвертичных и современных отложений. Основной материал (в том числе схема стратиграфического расчленения разреза) для написания этой главы сообщается в обзорной лекции, однако студенты должны по возможности дополнить его результатами собственных наблюдений. Главная задача при написании данной главы – научить студентов производить определение

и описание горных пород с указанием их прочностных свойств, замерам элементов залегания, мощности, возраста. Подробно характеризуются природные геологические процессы и инженерно-геологические явления, которые могут оказать влияние на строительство и эксплуатацию сооружений.

Геологическая деятельность подземных вод. В этой главе излагаются материалы наблюдений над уровнем воды в карьерах, выходы подземных вод в виде восходящих или нисходящих источников, описываются карстовые явления, а также оползни. Необходимо подчеркнуть негативную деятельность подземных вод – выщелачивание, вынос материала, образование пустот полостей. Иллюстрациями главы являются различные схемы, фотографии.

Полезные ископаемые. Описываются основные полезные ископаемые района – прежде всего строительные материалы, бутовые и облицовочные камни, сырье для стекольной (пески) и цементной (известняки и мергели) промышленности.

Заключение. В краткой форме подводятся итоги всех наблюдений и излагается общее впечатление о практике.

Порядок брошюровки отчета примерно следующий:

- 1) титульный лист (образец оформления см. в приложении);
- 2) оглавление;
- 3) текст отчета;
- 4) библиографический список.

9.2. Порядок сдачи зачета

Зачеты по результатам практики принимает преподаватель. На сдачу зачета приглашается вся бригада, которая должна представить преподавателю полностью оформленный отчет, все собранные образцы, полевые дневники. Зачет носит индивидуальный характер, поэтому вопросы задаются каждому студенту отдельно. Проверка знаний студентов ведется по трем основным направлениям:

1. Умение определять минералы и горные породы, собранные в маршрутах, их прочностные свойства.
2. Знание горного компаса (умение определять элементы залегания на любой плоскости (доске, книге и т. д.)).
3. Знание материалов по геологии района практики и деятельности различных геологических агентов, наблюдаемых в маршрутах.

Оценка работы студента на практике учитывает его работу в маршрутах, правильность и аккуратность ведения дневника, написание глав отчета и, наконец, ответы на зачете.

Глава 10. Гидрологические исследования

10.1 Роль гидрологических изысканий

В основе гидрологических изысканий лежит наука, занимающаяся изучением водного режима рек, временных и постоянных водотоков для строительства мостовых и трубных переходов, гидротехнических сооружений. Строи-

лей транспортных сооружений интересуют в основном водные потоки на суше, строителей промышленных и гражданских сооружений – вопросы подтопления строительных площадок, системы и конструктивные типы защитных сооружений и устройств, применяемых при борьбе с подтоплением. Из большого и разнообразного комплекса гидрологических исследований, студенту строительного профиля придется сталкиваться с гидрометрическими работами на участках переходов через реки, определение водосборных площадей, организацией наблюдений за уровнями, определение уклонов, измерение скоростей течения потока [3]. Перечисленные работы не отличаются какой-либо сложностью, однако сознательное, технически грамотное выполнение их требует от исполнителя знания некоторых теоретических вопросов из курса гидрологии.

10.2. Методика проведения учебной гидрологической практики

Гидрологическая практика проводится с целью овладения основными методами гидрометрических исследований режима рек и водоемов, необходимых для проектирования инженерных сооружений [5]. Из большого и разнообразного комплекса гидрологических исследований, необходимо определить основные гидрометрические параметры по материалам наблюдений и сравнить их с гидрологическими расчетными характеристиками полученными по эмпирическим формулам или графоаналитическим способом.

Основными задачами практики по гидрологии являются:

-выбор местоположения временного гидрометрического поста на реке, его обустройство для измерения уровней воды в гидрометрическом створе;

-овладение методами измерения глубин, скоростей, построение поперечного профиля русла в гидрометрическом створе и расчета графика зависимости уровень – площадь поперечного сечения потока;

- изучение руслового процесса: меандрирования, движение донных гряд, взвешенных и влекомых наносов.

Немаловажным в процессе учебной гидрологической практики является знакомство студентов с комплексом инженерных изысканий, положенных в основу при выборе местоположения мостовых переходов через водотоки. Они делают рекогносцировочные натурные обследования местности в зоне существующего мостового перехода. Отмечают гидрологические и инженерно-геологические особенности, которые были положены в основу при выборе местоположения мостового перехода, ведут записи, зарисовки и фотографии исследуемых объектов для отчета по практике. Отмечают меры борьбы с развитием современных экзогенных процессов на исследуемом дорожном объекте в процессе его эксплуатации.

Кроме того, на пути следования к полигону гидрологической практики, студенты знакомятся с разными типами мостовых и трубных переходов и их особенностями. На практике студенты должны использовать теоретические знания по выбору типа и расчета малых искусственных сооружений.

11.1. Оснащение полевым гидрологическим оборудованием

Успешное проведение учебной гидрологической практики во многом зависит от обеспеченности студентов соответствующими инструментами и материалами: наметки -2; лоты ручные с лотлинем -2; гидрометрические поплавки поверхностные -2; гидрометрические поплавки интеграционные -2; секундомеры -2; батометры -2; лодка 3х местная -1; полевой дневник -4; фотоаппарат -1; набор медикаментов -1.

Правила по технике безопасности при выполнении гидрометрических работ

При выполнении гидрометрических работ приходится длительное время находиться на реке. При этом работающие могут оказаться под воздействием таких опасных внешних факторов, большие скорости течения ливни, туманы и т.д.

Для предотвращения травм и несчастных случаев при полевых гидрометрических работах важно строго соблюдать правила по технике безопасности, использовать только исправное оборудование, инструменты, быть дисциплинированным. Эти нормы изложены в Правилах по технике безопасности при производстве гидрометрических работ» и в ряде других специальных документов.

К гидрометрическим работам допускаются только лица, прошедшие соответствующий инструктаж и твердо усвоившие названные выше правила.

Лица, выполняющие работы непосредственно в воде, должны уметь плавать, грести, управлять лодкой, применять способы по спасению утопающих и оказанию первой помощи при несчастных случаях.

При организации гидрометрических работ необходимо обеспечить правильный выбор плавательных средств и вести постоянный надзор за их техническим состоянием.

В ходе гидрометрических изысканий лодки не должны перегружаться сверх установленных норм. Размещение в лодке людей и оборудования должно производиться в то время, когда лодка еще находится у берега. Передвижение людей по лодке и пересаживание из лодки в лодку допускается только у берега или на участке реки со слабым течением, где глубина не более 1 м. Запрещается купание с лодки.

Правила по технике безопасности должны быть тщательно изучены до начала работ.

11.2. Техника безопасности при выполнении гидрометрических работ

При выполнении гидрометрических работ приходится длительное время находиться на реке. При том работающие могут оказаться под воздействием таких опасных внешних факторов, большие скорости течения, ливни туманы и т.д.

Для предотвращения травм и несчастных случаев при полевых гидрометрических работах важно строго соблюдать правила по технике безопасности, использовать только исправное оборудование, инструменты, быть дисциплинированным. Эти нормы изложены в « Правилах по технике безопасности при

производстве гидрометрических работ» и в ряде других специальных документов.

К гидрометрическим работам допускаются только лица, прошедшие соответствующий инструктаж и твердо усвоившие названные выше правила.

Лица, выполняющие работы непосредственно на воде, должны уметь плавать, грести, управлять лодкой, применять способы по спасению утопающих и оказанию первой помощи при несчастных случаях.

При организации гидрометрических работ необходимо обеспечить правильный выбор плавательных средств и вести постоянный надзор за их техническим состоянием.

В ходе гидрометрических изысканий лодки не должны перегружаться сверх установленных норм. Размещение в лодке людей и оборудования должно производиться в то время, когда лодка находится у берега. Передвижение людей в лодке и пересаживание из лодки в лодку допускается у берега или на участке реки со слабым течением, где глубина не более 1 м. Запрещается купание с лодки.

Правила по технике безопасности должны быть тщательно изучены до начала работ.

11.3. Организация учебного процесса в полевых условиях

Учебный процесс в полевых условиях обладает рядом особенностей (мобильность, кратковременность периода практики, специфические условия ее проведения), которые существенным образом влияют на его характер и определяют основные периоды организации практики.

Глава 12 Подготовительный период

12.1. Организация подготовительных работ

Для овладения методами полевых гидрометрических исследований, связанных с речной гидрометрией, взаимосвязи режима поверхностных и подземных вод и ряду других вопросов необходимо произвести проверку теоретических знаний по программе учебной практики методом тестирования для повышения эффективности и качества учебной подготовки по вопросам, с которыми студенты могут столкнуться во время прохождения практики.

12.1.1. Круговорот воды в природе, водный баланс.

Под действием солнечной радиации с поверхности океанов и морей, занимающих 71% площади земного шара, испаряется громадное количество воды. Попав в атмосферу, пары воды при определенных условиях конденсируются и в виде осадков выпадают на поверхности океанов, морей и суши. Часть воды, выпавшей на сушу, по пониженным частям рельефа стекают в реки, образуя поверхностный сток. Другая часть осадков просачивается в грунт и, формируя подземный сток с подземными водами, также возвращается в реки.

Водный баланс для суши можно выразить уравнением:

$$X = Z + V \quad (12.1)$$

Где X – осадки на поверхности суши; Z - испарение с поверхности суши;

V -ток воды через реки. Наряду сводным балансом всего земного шара может быть найден баланс отдельного бассейна. Если обе части уравнения разделим на X , то получим:

$$V/X + Z/X = 1$$

Первое слагаемое называется коэффициентом стока, второе – коэффициентом испарения. Уравнения играют важную роль при расчетах речного стока.

12.1.2. Речная система

Под речной системой понимают главную реку и сеть притоков. Площадь, с которой вода стекает в данную реку, называют водосбором, и выражают ее в квадратных километрах. Ту часть грунта, из которой вода поступает в реку, называют бассейном.

За протяженность или длиной бассейна принимается расстояние по прямой от устья реки до наиболее отдаленной точки бассейна.

Падение рек на каком-то участке находят как разность отметок H_1 и H_2 участка $H_1 - H_2 = h$, тогда уклон i водной поверхности этого участка реки будет

$$I = H_2 - H_1/L \quad (12.2)$$

Здесь L – длина участка. Уклоны рек изменяются в довольно широких пределах; они больше на горных реках и меньше на равнинных.

Уклоны рек выражаются десятичными дробями. Например, р. Вычегда в среднем течении имеет уклон $I = 0,00011$. Для упрощения записи, а следовательно для уменьшения возможности ошибок, уклоны записывают в тысячных (промилле) и сопровождают знаком ‰, тогда уклон Вычегды следует записать так: $I = 0,11‰$ что на 1 км длины реки соответствует падению 0,11 м, или 11 см.

Уклоны могут быть найдены по карте, по имеющимся на ней отметкам урезов воды или, что точнее, непосредственно на местности путем нивелирования урезов воды. Точность нивелирования зависит от величины уклона реки: чем больше уклон, тем ниже должен быть класс нивелирования. Обычно для этой цели применяется нивелирование четвертого или третьего класса.

Следующие характеристики реки относятся к ее живому сечению. Живым, или водным сечением называется площадь, нормально расположенная к направлению течения реки и заполненная текущей водой. Живое сечение характеризуется площадью ω , шириной B , средней глубиной h_{cp} , гидравлическим радиусом R , средней скоростью v_{cp} , расходом Q .

Среднюю глубину h_{cp} в живом сечении подсчитывают по формуле

$$h_{cp} = \omega/B \quad (12.3)$$

Гидравлический радиус R находят из отношения

$$R = \omega/p, \quad (12.4)$$

В приведенных формулах приняты обозначения:

ω -площадь живого сечения,

B -ширина реки,

R - смоченный периметр (длина ломаной кривой, по которой вода соприкасается с ложем реки; зимой к этой длине нужно прибавить расстояние от берега до берега по нижней кромке льда).

Для естественных русел равнинных рек величины R и h_{cp} оказываются очень близкими, так как при сравнительно большой ширине реки имеют небольшую глубину и $p = B$. Близость значений h_{cp} и R позволяет в ряде формул заменять строгое выражение для R , подсчет которого более трудоемок, его приближенным значением h_{cp} .

Весьма важная характеристика реки – скорость течения, т.е. путь частицы воды в единицу времени.

В живом сечении скорость меняется в зависимости от глубины и ширины реки. Линия, соединяющая точки русла с наибольшими глубинами, называются динамической осью потока, стрежнем, или фарватером.

При измерении скоростей течения на разных глубинах одной вертикали обнаруживается, что максимумы скоростей располагаются близ поверхности, по мере приближения ко дну скорости падают. Изотахи – линии равных скоростей – показывают, что максимумы скоростей в летний период располагаются у поверхности, а зимой, в силу дополнительного трения воды о нижнюю кромку льда, максимум несколько смещается вглубь.

Для определения скорости течения существует много различных средств и приборов. Для определения скорости без измерений пользуются формулой Шези для равномерного движения открытого потока

$$V_{cp} = C \sqrt{R i}, \quad (12.5)$$

где R – гидравлический радиус;

i – продольный уклон водной поверхности участка реки;

C – коэффициент Шези.

Для нахождения коэффициента C существует несколько формул. Наиболее употребительная формула Н.Н. Павловского

$$C = (1/n) R^y, \quad (12.6)$$

здесь: n – коэффициент шероховатости (11);

y – показатель степени, зависящий от гидравлического радиуса R и n .

Для приближенных расчетов принимают

$$y = 1,5\sqrt{n} \quad \text{при } 0,1 < R < 1,0\text{м};$$

$$y = 1,3\sqrt{n} \quad \text{при } 1,0 < R < 3,0.$$

Наиболее объемлющей характеристикой живого сечения является расход воды. Расходом воды Q называется количество воды, протекающей через живое сечение ω в единицу времени. Расход воды обычно находят по формуле

$$Q = \omega v_{cp} \text{ м}^3/\text{с}. \quad (12.7)$$

Продольный профиль реки характеризуется изменением уклонов ее дна и уклонов поверхности воды вдоль по течению реки. Разность отметок Δh (водной поверхности истока h_1 и устья h_2 или двух каких-либо точек по длине реки) называется падением. Отношение падения Δh к длине реки L называется уклоном реки и равно $I_p = (h_1 - h_2) / L$. Чем больше уклон тем больше скорость движения речного потока.

12.1.3. Характеристика стока, факторы, влияющие на сток

Основные характеристики речного стока: расход воды, объем стока, модуль, слой и коэффициент стока [3].

Расход воды обычно получают на основе измерений. Так как расход воды подвержен изменениям, особенно существенным в период половодий и паводков, то для подсчета стока за какой-то период (сутки, месяц, год) пользуются средним значением расхода за это время. Так, для получения суточного объема $W_{ст}$ стока нужно среднесуточный секунднй расход $Q_{ст}$ умножить на число секунд в сутках $W_{ст} = Q_{ст} \times 86400 \text{ (м}^3\text{)}$

Годовой сток получают по формуле

$$W_{365} = Q_{365} \times 31,5 \times 10^6 \text{ (м}^3\text{)}, \quad (12.8)$$

Где $31,5 \times 10^6$ -число секунд в году.

Модуль стока M находят как отношение расхода к площади бассейна F

$$M = (Q / F) \times 10^3 \text{ (л/с} \times \text{км}^2\text{)} \quad (12.9)$$

Слой стока подсчитывают по формуле

$$V = W/F \times 10^3 \text{ (мм)} \quad (12.10)$$

Если для Q , M , h имеются значения за много лет, то среднее из них называют нормой и соответственно обозначают Q_0 , M_0 , h_0 . Наряду с абсолютными характеристиками стока, приведенными выше, в ряде случаев удобно иметь относительные характеристики. Например, модульный коэффициент K , подсчитываемый по одной из формул

$$K = Q_1 / Q_0 = M_1 / M_0 = v_1 / v_0 = W_1 / W_0 \quad (12.11)$$

Коэффициент K показывает отношение характеристики за конкретный период (год, месяц) к норме или среднему значению.

Способы определения нормы стока

Норма стока, выраженная через M_0 , Q_0 , W_0 или v_0 , - наиболее объемлющая характеристика водности реки и потому она широко используется при проектировании сооружений, мостов, водоснабжения.

Какими способами можно получить норму стока?

Решение зависит от того, какие данные имеются для нахождения нормы. На практике обучения студентов приходится встречаться с двумя случаями: а) отсутствуют наблюдения, б) имеется ограниченный ряд фактических наблюдений. Если наблюдения за стоком отсутствуют, расчет среднего многолетнего стока за год по месяцам и сезонам определяется следующим образом. Определяется модуль стока по карте среднего годового стока рек, что соответствует среднему годовому расходу

$$Q_0 = (M_0 \times F) / 1000 \text{ (м}^3\text{/с)} \quad (12.12)$$

Коэффициент вариации может быть найден по специальной карте, на которой коэффициент C_v приведен в виде изолиний. Для зоны избыточного и переменного увлажнения принимается коэффициент асимметрии $C_s = 2C_v$

По табличным значениям ординат биномиальной асимметричной кривой обеспеченности от среднего значения при $C_v = 1,0$ определяется по таблице Рыбкина С.И. в следующей последовательности

На основании данных таблицы и формул стока определяется годовая гидрологическая характеристика при разной обеспеченности: Расход, объем, слой и коэффициент стока.

Для получения абсолютных значений месячных и сезонных расходов ($\text{м}^3/\text{с}$), месячные значения стока (%) следует умножить на величину среднего годового расхода заданной обеспеченности и на переходный коэффициент 0,12. Аналогично определяется расход другой обеспеченности и заносится в сводную таблицу [3].

Количественная оценка доли различных видов питания в общем балансе стока реки осуществляется путем расчленения гидрографа (годового графика расходов воды). Для этой цели служат типовые графики колебаний расходов воды. За типовой принимают такой гидрограф, который отражает общие черты гидрографов за ряд лет и вместе с тем свободен от случайных особенностей каждого года.

При построении типового гидрографа величины ординат (расходы) и абсцисс (время) по опорным точкам строится плавный график с таким расчетом, чтобы суммарный годовой объем стока, определенный по типовому гидрографу, отвечал действительному среднему его значению за многолетний период.

Существует несколько приемов расчленения гидрографа по видам питания. Простейший способ выделения подземного стока заключается в том, что предвесенние периоды и все частные минимумы периода в промежутках между паводками. Подземное питание рек осуществляется за счет притока из отдельных водоносных пластов, при этом имеет значение тип их гидравлической связи с рекой.

По характеру залегания водоупора можно выделить три типа связи: а) водоносные пласты, не имеющие гидравлической связи с рекой. Режим их стока близок к режиму поверхностного стока с некоторым смещением фаз хода уровня по оси времени. Б) водоносные пласты, гидравлически связаны с рекой. Сток их в реки имеет противоположную направленность фаз по сравнению с поверхностным стоком. Максимум расчетного стока соответствует минимум подземного притока реки. В) водоносные пласты, имеющие периодическую гидравлическую связь с рекой. Режим их стока имеет смешанный характер.

Глава 13. Период проведения полевых гидрологических исследований

Этот период является основным в полевых условиях. Руководитель практики сообщает об исследуемом объекте, порядке проведения инженерных изысканий, о распределении обязанностей между членами бригады. Одни практиканты измеряют уклон водной поверхности на исследуемом участке реки, определяют степень шероховатости дна русла, т.е. получают данные для определения скорости течения реки по эмпирической формуле, другие – за оборудование промерных поперечных створов и проведения замеров глубин с помощью наметки, определения скорости поверхностными поплавками и поплавками интеграторами, третьи – определяют расстояние между поперечными вертикалями и от постоянного начала. Найдя скорости и глубину, вычисляют элементар-

ные расходы, а затем по расстояниям от постоянного начала с учетом коэффициента, зависящего от характера берега, определяется частный расход. Общий расход воды через живое сечение находят как сумму частных расходов. Определяют относительную мутность воды, в исследуемом поперечном створе, и по расходу воды вычисляют расход взвешенных наносов.

Объем гидрометрической информации при производстве полевых гидрологических исследований накапливается для камеральной обработки и составления отчета.

13.1 Методика проведения полевых гидрологических исследований

Учебная гидрологическая практика проводится после сдачи экзамена по теоретическому курсу «Инженерная гидрология» с целью овладения основными методами гидрометрических исследований на реке, не изученной в гидрологическом отношении. Для этого нужно уметь определить основные гидрометрические параметры по материалам наблюдений и сравнить их с гидрологическими расчетными характеристиками, полученными по эмпирическим формулам.

Основными задачами практики являются:

- выбор местоположения временного гидрометрического поста на реке, его обустройство для измерения уровней воды в гидрометрическом створе;
- овладение методами измерения глубин, скоростей, построения поперечного профиля русла в гидрометрическом створе и расчета графика зависимости уровень – площадь поперечного сечения потока;
- изучение руслового процесса: меандрирования, движения донных гряд, взвешенных и влекомых наносов.

Немаловажным в процессе проведения учебной гидрологической практики является знакомство студентов с комплексом инженерных изысканий, положенных в основу при выборе местоположения мостовых переходов через реки. При этом они делают рекогносцировочные натурные обследования местности в зоне существующего мостового перехода; отмечают характерные гидрологические и инженерно-геологические особенности, которые были положены в основу при выборе местоположения мостового перехода; ведут записи, зарисовки и фотографии исследуемых объектов для отчета по практике; отмечают меры борьбы с возможным развитием современных экзогенных процессов на исследуемом дорожном объекте в процессе его эксплуатации. Кроме того, на пути следования к полигону гидрологической практики студенты знакомятся с различными типами мостовых и трубных переходов и их особенностями. На практике студенты должны использовать теоретические знания по выбору типа и расчета малых искусственных сооружений.

Результаты учебной практики студенты оформляют в виде отчета, который необходимо защитить после прохождения практики.

13.1.1. Промерные работы

В состав гидрологических изысканий входит большой комплекс таких полевых работ, как установление уклона реки, площади живого сечения, скорости

течения, расхода воды, определение речных наносов. Наблюдения за этими элементами водного режима могут проводиться на временном посту.

Для получения полноценных материалов наблюдений рекомендуется специально выбрать место для временного поста. При этом желательно, чтобы участок реки был прямолинейным, русло устойчивым от размыва или намыва, чтобы берег имел среднюю пологость. На этом участке реки течение воды должно быть параллельно струйчатым, что обеспечивается его прямолинейностью и правильным корытообразным профилем дна. Такому требованию может отвечать участок р. Кылтым-Ю у мостового перехода (рис. 6).



Рис. 6. Мост через реку Кылтым-Ю

Промерные работы ведутся для составления поперечных профилей русла реки и вычисления площадей живого сечения. При промерных работах задача сводится к измерению глубины водотока и к определению планового положения промерной вертикали (точка, где измеряется глубина). Для измерения глубины применяют в основном три средства: наметки, лотлини, эхолоты.

Наметка представляет собой деревянный шест прямоугольного или круглого сечения диаметром 4–6 см, длиной не более 5–7 м, с нанесенными на нем и подписанными делениями, обычно через 5 см; на нижнем конце шеста делают металлическую оковку (рис.7).

Для измерения глубины более 5–7 м удобнее применять *лотлинь*. Лотлинь состоит из свинцового или чугунного 4–6 кг груза и размеченного через 10–25 см шнура или тросика (рис.8). Погрешность в измерении глубин лотлинем достигает 5–10 см (рис.9).

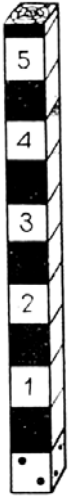


Рис. 7. Наметка

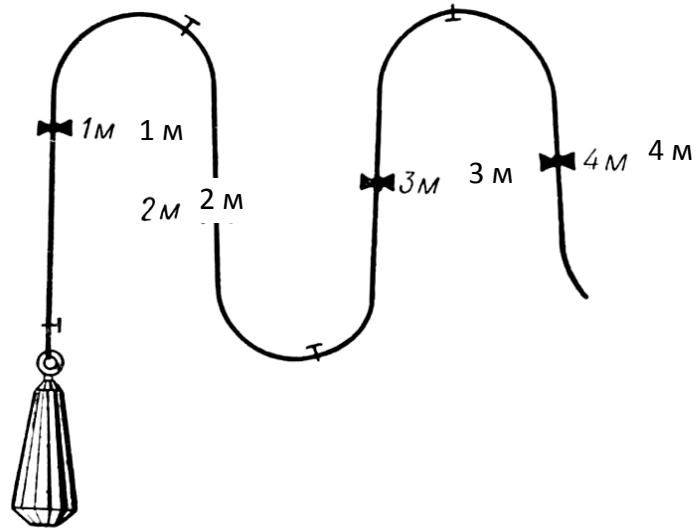


Рис. 8. Лотлинь

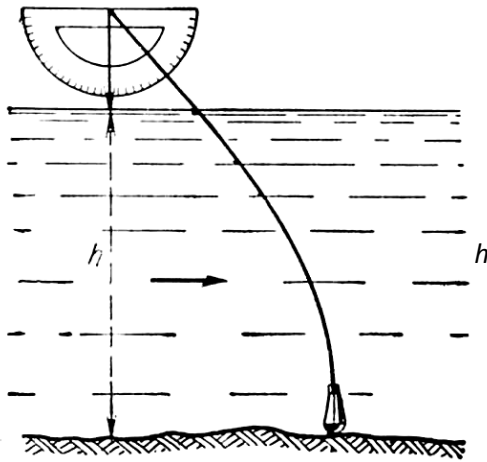


Рис. 9. К учету поправки за снос лотлиня

Если объем промерных работ значителен, целесообразно применять ручной эхолот. В основу работы эхолота положен принцип эхопеленгирования, т. е. глубина определяется на основе измерения времени прохождения ультразвукового импульса от вибратора-излучателя до дна и обратно к вибратору-приемнику.

Погрешность в измерении глубины в зависимости от характера дна (твердое или илистое) и правильности (вертикальности) установки наметки составляет в среднем 3–5 см. Для изыскательских разовых работ на мелководных реках удобно использование наметки или лоты ручные с лотлинем.

13.1.2. Измерение скорости течения

Скорость течения на реке-полигоне измеряют для определения скоростей расходов воды и наносов. Измерение скоростей течения производят на однажды выбранном и закрепленном гидростворе.

Рассмотрим наиболее употребительные и представляющие производственный интерес средства и методы измерения скоростей – поверхностные поплавки и поплавки-интеграторы.

13.1.3. Определение скорости поверхностными поплавками

Определение скорости поверхностными поплавками широко практикуется на производстве. Поверхностные поплавки изготавливают из подручных материалов: досок, срезов толстых стволов деревьев; в качестве поплавков можно использовать бутылки, частично заполненные водой. При изготовлении поплавков желательно выдерживать определенные размеры, показанные на рис. 10.

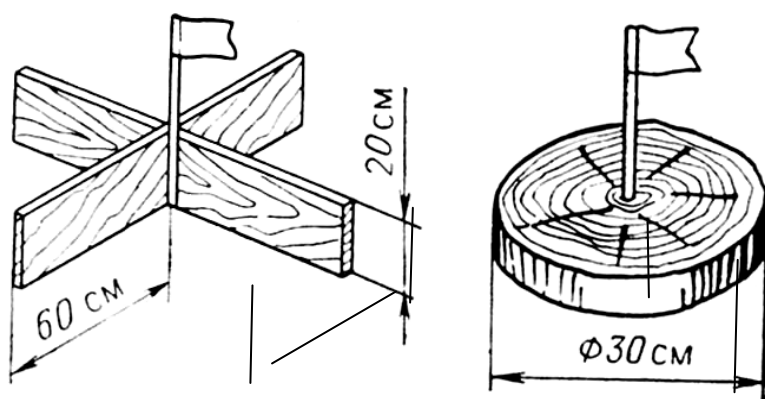


Рис. 10. Поверхностные поплавки

Поплавковые измерения скоростей необходимо производить в безветренную погоду.

Для измерения скоростей поверхностными поплавками на реке разбивают три поперечника (створа) на равных расстояниях один от другого (рис. 11). Верхний (В), главный (Г) и нижний (Н) створы закрепляют кольями и около каждого кола ставят вехи. Расстояние между верхним и нижним створами (L) назначают из расчета, чтобы поплавок на самом быстром участке реки (стрежне) проходил его за 30–40 с. Если расстояние L принять больше, то это, с одной стороны, вызовет неоправданную затяжку наблюдений и снизит их точность, т. к. путь поплавок в таком случае будет более L (поплавок может плыть не по кратчайшему расстоянию между створами), и, с другой стороны, вычисленное значение скорости будет относиться не к главному, а к какому-то другому неопределенному створу. Уменьшение расстояния между створами нежелательно, т. к. тогда на результатах измерений будут заметно сказываться ошибки фиксации моментов прохождения поплавков через створ. Отрезок L на местности откладывают рулеткой.

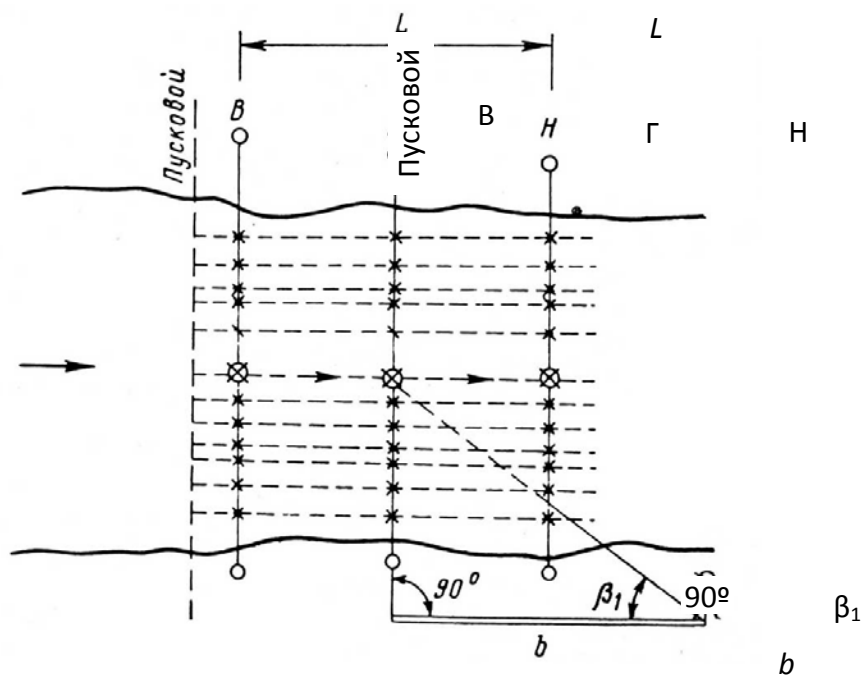


Рис. 11. Определение скоростей течения поверхностными поплавками:
 b – расстояние от точки наблюдения до главного створа

Для фиксации места прохождения поплавка через главный створ на берегу разбивают базис, с конца которого засекают поплавок, или для этой же цели через реку натягивают размеченный трос. Поплавки пускают с лодки на 5–10 м выше верхнего створа, т.е. с так называемого пускового створа, который обычно на местности не обозначается. В момент, когда поплавок пересекает верхний створ, фиксируется время (пускают секундомер); при прохождении поплавком главного створа вновь отмечается время, и местоположение поплавка определяется засечкой теодолитом или мензулой; при прохождении нижнего створа производят заключительный отсчет, отмечают время до десятых долей секунды (секундомер останавливают). Поскольку скорость речного потока не остается постоянной во времени, для уточнения результатов, после пуска первого поплавка, примерно с того же места пускают еще минимум два, засекают их положение и время прохождения через створы. Кроме того, при этом уменьшается влияние ошибки фиксации времени при прохождении поплавка через створы. Результаты измерений скорости после пуска трех поплавков считают удовлетворительными, если расхождения между результатами трех измерений времени не превышают 10 % от времени хода поплавка между верхним и нижним створами.

Закончив измерения на первой точке, переходят на новую, где пускают новую группу поплавков. Так последовательно определяют скорости по всей ширине реки.

Погрешность в определении скорости при помощи поверхностных поплавков зависит от величины самой скорости, от характера русла, состояния погоды и составляет 8–15 %.

Метод поверхностных поплавков может быть применен почти на всех реках достаточной глубины. Этот метод широко применяется для определения скорости течения во время ледохода.

Описанный выше метод позволяет определить поверхностные скорости течения, однако для последующих вычислений или исследований часто требуется знать скорости средние. Переход к средним скоростям, которые обычно меньше поверхностных, может быть совершен при помощи поправочного коэффициента K , который либо специально определяется для места на реке, либо применяется приближенно равным $K = 0,80-0,85$. В итоге среднюю скорость находят так:

$$U'_{\text{ср}} = U'_{\text{пов}} \cdot K. \quad (13.1)$$

13.1.4. Определение скорости поплавками-интеграторами

Поплавки-интеграторы представляют собой простое и оригинальное устройство, позволяющее определять среднюю скорость течения. Это устройство состоит из штанги и рейки с делениями, из небольших шарообразных пустотелых поплавков из пластмассы и устройства (полусферы на шарнире) для удержания поплавка у основания штанги (рис. 12).

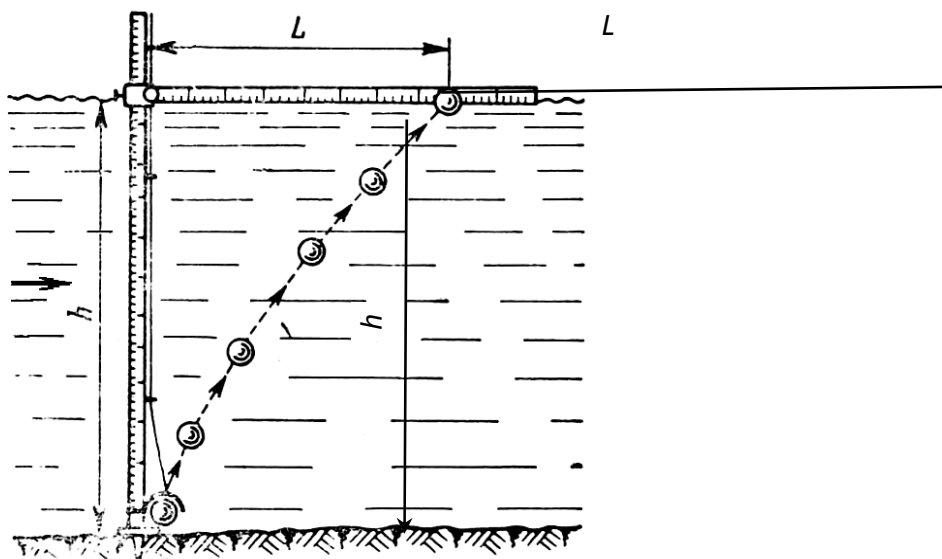


Рис. 12. Поплавки-интеграторы

При определении скорости штангу вместе с одним поплавком устанавливают на дно реки; рейку, шарнирно соединенную со штангой, кладут на поверхность воды по направлению течения; при помощи тросика полусферу отводят в сторону и поплавок всплывает. В процессе всплывания поплавок проходит слой воды с разными скоростями и как бы интегрирует их, что в конечном счете дает возможность определить среднюю скорость.

В процессе наблюдений необходимо определить время T всплытия и место появления поплавка на поверхности воды, т. е. произвести отсчет L по рейке. Скорость находят по формуле

$$U'_{\text{cp}} = L/T. \quad (13.2)$$

Описанный процесс измерений может быть несколько усовершенствован за счет исключения регистрации времени. Для этого предварительно, в стоячей воде, определяют скорость всплытия поплавка U'_0 , т.е. производят его тарирование. Из результатов тарирования, пользуясь формулой $U'_0 = \frac{h}{T}$, можно найти

$T = \frac{h}{U'_0}$. Подставив его в приведенное выше выражение, окончательно получим

$$U'_{\text{cp}} = \frac{LU'_0}{h}, \quad (13.3)$$

где h – глубина в точке измерения скорости.

Для определения средней скорости достаточно определить расстояние до места всплытия поплавка и глубину.

Поплавки-интеграторы дают хорошие результаты на реках с небольшой скоростью течения (менее 0,5 м/с). Ошибка в определении скорости этим методом составляет 5–8 %.

13.1.5. Изучение твердого стока

Изучение твердого стока включает определение расхода взвешенных, донных и растворенных наносов, вычисление суммарного стока наносов и определение их механического состава.

Расход взвешенных наносов:

$$r = \rho \cdot Q. \quad (13.4)$$

Следовательно, чтобы найти r , необходимо определить относительную мутность (ρ) и знать расход воды (Q). Как определяется последний, рассмотрено выше. Для определения относительной мутности применяют специальные приборы – *батометры*.

Батометры бывают мгновенного и длительного наполнения. В настоящее время преимущественно используются батометры длительного наполнения, поскольку они дают возможность получить осредненные значения мутности; в противоположность им батометры мгновенного наполнения не в состоянии учесть пульсации в относительной мутности, в связи с чем они дают искаженные результаты и поэтому имеют ограниченное применение.

Среди батометров длительного наполнения наибольшее использование получили батометры-бутылки. Как видно из рис. 13, этот батометр состоит из бутылки 1, в горловину которой вставлены две трубки: водозаборная 2 и трубка 3, отводящая воздух; к бутылке для утяжеления крепятся грузы 4, а если батометр

опускается на тросе, то к нему укрепляется еще и хвост 5. Диаметр трубок, вставляемых в бутылку, сменный: он зависит от скорости течения.

Исследования, проведенные с батометрами-бутылками, показали, что они не отличаются высокой точностью, т. к. какая-то часть наносов обходит входное отверстие водозаборной трубки. Более совершенным прибором для определения мутности является вакуумный батометр, но устройство его значительно сложнее.

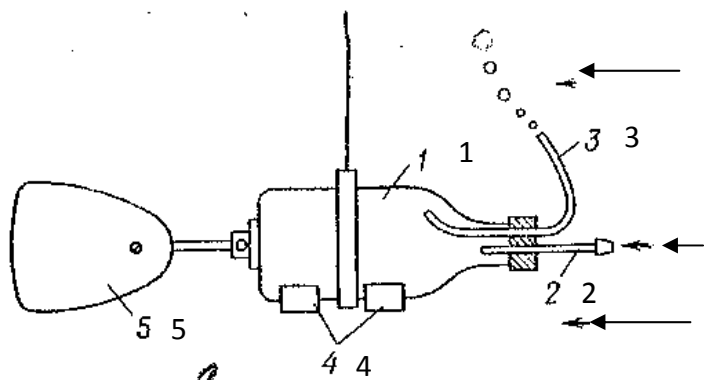


Рис. 13. Батометр-бутылка

Методика работы с батометром может быть различной. Чаще это так называемые детальный или суммарный способы.

При *детальном способе* анализы проб воды берут с тех же глубин, на которых измеряют скорости, и полученные данные анализируют для каждой точки отдельно. Заметим, однако, что какой-то типовой эпюры распределения мутности по глубине и в живом сечении, как это имеет место с эпюрой скоростей, не существует. Можно построить лишь эпюру, присущую только данному живому сечению и данной вертикали. Среднее значение мутности приближенно считают на глубине $0,5h-0,6h$.

При *суммарном способе* анализы проб воды также берут с разных глубин, чаще на $0,2h-0,8h$, но сливают воду в одну посуду и в итоге определяют осредненное значение мутности. Если мутность оказывается менее 20 г/м^3 , то также поступают с пробами, отобранными в отдельных точках живого сечения. В итоге находят суммарную мутность для всего изучаемого створа.

Число вертикалей в живом сечении назначают равным числу скоростных; но если последних больше шести, то наблюдения ведут через одну вертикаль. Впрочем, допускается не только иное расположение вертикалей для взятия проб, но и наблюдение на другом створе, в некотором удалении от створа, где определялись расходы. Требуется лишь, чтобы скорости течения на створе обеспечивали хорошее перемешивание воды и наносов.

Для определения расходов взвешенных наносов рекомендуется вести измерения в следующие сроки: летом – два раза в месяц, зимой – один раз в месяц. В период половодий и паводков число ежемесячных измерений должно увеличиваться. В условиях учебной практики определение расхода взвешенных наносов производится разовым способом.

Выделение наносов из воды осуществляется фильтрованием через специальный беззольный фильтр или отстаиванием. Последующие вычисления расхода взвешенных наносов производят графоаналитическим способом. Эти вычисления весьма схожи с описанным графоаналитическим способом вычисления расходов воды.

В те же сроки, когда ведут измерения взвешенных наносов, определяют и расход донных наносов. Для улавливания донных наносов применяются различные по конструкции батометры, из которых наиболее употребительные батометр «Дон» для улавливания мелких влекомых песчаных наносов и батометр ГГИ (Государственного гидрологического института) для крупных гравелистых и галечных фракций (рис. 14).

Батометр при измерении донных наносов опускают на дно на каждой скоростной вертикали и производят серию из трех-пяти последовательных наблюдений, изменяя продолжительность пребывания батометра у дна от 10–20 с до нескольких минут. Задержанные батометром наносы помещают в мерный сосуд для определения их объема. Последующая обработка наносов сводится к их высушиванию, взвешиванию, подсчету объемного веса и определению механического состава.

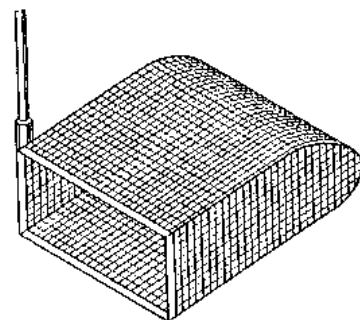


Рис. 14. Сетчатый батометр

По измеренным значениям расходов донных наносов определяют для каждой вертикали элементарный расход, т. е. расход наносов в 1 с, приходящийся на 1 пог. м ширины реки. По элементарным расходам Δq_n с известными расстояниями между вертикалями вычисляют полный расход q (г/с, кг/с) донных наносов:

$$q = \sum \Delta q_n \cdot b = 0,001 \cdot \sum \Delta q_n \cdot b, \quad (13.5)$$

где b – расстояние между вертикалями, м.

Подсчет стока донных наносов ведется на основе кривой связи $G = f(Q)$, по которой, зная среднесуточные расходы воды, можно найти и среднесуточные расходы донных наносов, а уже по ним и сток G (годовой) наносов:

$$G = 31,5 \cdot 10^3 \cdot q. \quad (13.6)$$

Учет донных наносов производят с невысокой точностью вследствие несовершенства применяемых приборов, изменения расхода донных наносов по ширине реки и ненадежности связи: $G = f(Q)$. Однако большего практического значения это обстоятельство не имеет, т. к. донные наносы составляют 5 % от стока взвешенных наносов.

Если требуется учесть сток растворенных наносов, то поступают следующим образом. Осветленную после отстоя или профильтрованную воду (при выделении взвешенных наносов) выпаривают, остается при этом остаток – растворенные наносы. Дальнейшая обработка растворенных наносов ведется аналогично взвешенным.

13.1.6. Определение расходов воды

Для определения расходов воды в гидрометрии имеется несколько методов, например метод смешения, гидравлический, объемный. Однако чаще расходы воды вычисляют на основе измеренных в живом сечении глубин и скоростей. При наличии таких данных расход воды можно вычислить аналитическим, графоаналитическим или графомеханическим способом. Рассмотрим один из наиболее употребительных – графоаналитический способ.

Графоаналитический способ вычисления расходов воды

Вычисления производят на графике (рис. 15) в такой последовательности.

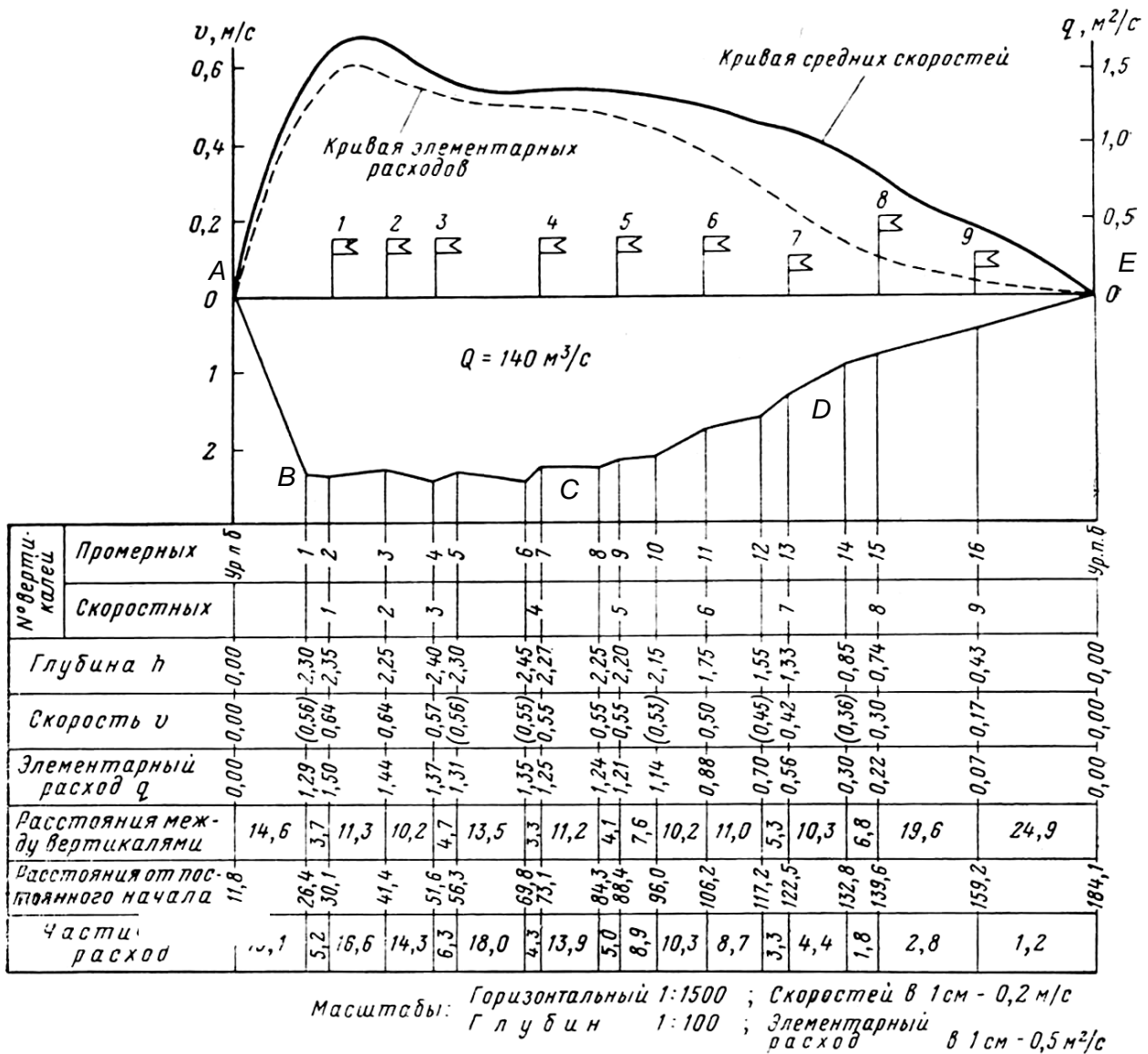


Рис. 15. Вычисление расхода воды графоаналитическим способом

Сначала (с учетом избранного для построения горизонтального масштаба) заполняют находящиеся под профилем графы, т. е. указывают номера промерных и скоростных вертикалей, выписывают глубины, измеренные скорости, расстояния от постоянного начала до скоростных и промерных вертикалей. Ес-

ли по результатам наблюдений на водомерном посту оказывается, что уровень воды во время измерений отличался от уровня в период измерения скоростей более чем на 2 см, то до начала вычисления расхода в измеренные глубины на промерных вертикалях должна быть введена поправка-срезка.

На основании записанных значений глубин в подходящем вертикальном масштабе строится профиль живого сечения. Последующие вычисления расхода основываются на введении понятия элементарного расхода q , который находят как произведение глубины на среднюю скорость (U'_{cp} , м²/с), т. е.

$$q = h \cdot U'_{\text{cp}}. \quad (13.7)$$

Элементарный расход можно понимать как расход воды через единичную меру ширины реки, например через 1 м. Однако прежде чем воспользоваться приведенной формулой, необходимо проделать подготовительные построения, т. к. значения скоростей пока еще имеются только на ограниченном числе вертикалей – на скоростных вертикалях; на промерных вертикалях скорости неизвестны. Чтобы их определить, на вертикальной оси выше уровня воды строят масштаб средних скоростей (он должен быть по возможности крупным). Пользуясь им, наносят на график положение всех известных скоростных вертикалей; все точки соединяют между собой плавной кривой, а крайние точки соединяют с урезами воды; в итоге получают кривую средней скоростей, отражающую распределение скорости по ширине реки. Далее, по этим кривым находят скорости на вертикалях, где таковые не определялись, т.е. скорости для всех промерных вертикалей; значение этих скоростей на рис. 10 записаны в скобках.

Найдя скорости, вычисляют элементарные расходы по формуле (13.7) и записывают их в соответствующую графу под профилем.

Общий расход воды Q через живое сечение находят как сумму частичных расходов, используя формулу

$$Q = \Sigma \Delta Q = k_1 q_1 b_1 + \frac{q_1 + q_2}{2} b_2 + \frac{q_2 + q_3}{2} b_3 + \dots + \frac{q_{n-1} + q_n}{2} b_n + k_z q_n b_n, \quad (13.8)$$

где q_1, q_2, q_3, q_n – элементарные расходы, м²/с; b_1, b_2, b_3, b_n – расстояние между вертикалями, м; k_1, k_z – коэффициенты, зависящие от характера берега (для пологого берега $k = 0,7$; для обрывистого $k = 0,8$; для обрывистого берега с гладкой стенкой $k = 0,9$; при отсутствии у берега скорости (мертвое пространство) $k = 0,5$).

Найденное значение расхода выписывают на график, учитывая, что скорости, определяемые гидрометрической вертушкой, содержат погрешность около 3–5 %; расход воды округляют до трех значащих цифр, например: 3,52; 35,2; 352 м³/с.

Расход воды, вычисленный на основе средних скоростей, называют действительным (Q_d), в отличие от расхода, полученного по поверхностным скоростям, который называют фиктивным ($Q_{\text{ф}}$). Отношение действительного расхода

к фиктивному: $\frac{Q_d}{Q_{\text{ф}}} = k$, что при одинаковых уровнях воды в реке есть не что

иное как отношение скоростей: средней к поверхностной. Поэтому чтобы надежно определить K , лучше одновременно, в один день, определить средние (вертушкой) и поверхностные (поплавком) скорости и на их основе вычислить

Q_d и Q_{ϕ} . Их отношение дает значение искомого коэффициента K , величина которого, как упоминалось ранее, для естественных водотоков обычно находится в пределах 0,7–0,9.

Действительный расход без измерений можно определить по формуле $Q_d = Q_{\phi}K_1$, где K_1 – коэффициент, определяемый по табл. 10.

Коэффициент K_1 перехода от фиктивного расхода воды к действительному

Таблица 10

Характеристика русел и пойм	Глубина воды, м		
	< 1	1–5	> 5
Русла прямые, чистые, глинистые, песчаные, галечные, гравийные	0,8	0,84	0,86
Русла извилистые, частично заросшие травой, каменистые; поймы, сравнительно разработанные с растительностью (травы, редкий кустарник)	0,75	0,8	0,83
Русла и поймы значительно заросшие, с глубокими промоинами	0,65	0,74	0,8
Русла извилистые, сложенные из валунов; поймы со сложными косоструйными течениями; поймы сплошь лесные, таежного типа	0,57	0,69	0,75

13.1.7. Определение уклона реки

Важнейшим гидравлическим элементом потока является уклон поверхности воды, который можно без измерений использовать для определения скорости течения по формуле Шези.

Падение h рек на каком-то участке находят как разность отметок H_1 и H_2 урезов в начале H_1 и конце H_2 участка: $H_1 - H_2 = h$.

Тогда уклон i водной поверхности этого участка реки будет

$$i = \frac{H_2 - H_1}{L_{2-1}}. \quad (13.9)$$

Здесь L_{2-1} – длина участка.

Уклоны рек изменяются в довольно широких пределах; они больше на горных реках и меньше на равнинных. Продольный уклон непрерывно изменяется и в пределах одной реки: в верховье он обычно больше, а по мере продвижения к устью убывает. При изучении продольного профиля реки можно выделить в ней отдельные участки, характеризующиеся сравнительно большими глубинами и спокойным течением – это плесы и участки с малыми глубинами и более быстрым течением – перекаты. Уклоны водотоков изменяются во времени, а также при проходе паводков.

Линия, соединяющая точки русла с наибольшими глубинами, называется динамической осью потока, строжнем или фарватером.

Уклоны реки выражаются десятичными дробями. Например, р. Ока в среднем течении имеет уклон $i = 0,00011$. Для упрощения записи, а следовательно,

уменьшения возможности ошибок, уклоны записывают в тысячных (промилле) и сопровождают знаком ‰. Тогда уклон Оки следует записывать так: $i = 0,11 ‰$, что на 1 км длины реки соответствует падению 0,11 м, или 11 см.

Уклоны могут быть найдены по карте по имеющимся на ней отметкам урезов воды или, что точнее, непосредственно на местности путем нивелирования урезов воды.

13.1.8. Определение живого сечения реки

Следующие характеристики реки относятся к ее живому сечению.

Живым, или водным, сечением называется площадь, нормально расположенная к направлению течения реки и заполненная текущей водой (рис. 15). Живое сечение характеризуется площадью ω , шириной B , средней глубиной $h_{\text{ср}}$, гидравлическим радиусом R , средней скоростью $U'_{\text{ср}}$, расходом Q .

Среднюю глубину $h_{\text{ср}}$ в живом сечении подсчитывают по формуле

$$h_{\text{ср}} = \frac{\omega}{b}. \quad (13.10)$$

Гидравлический радиус R находят из отношения

$$R = \frac{\omega}{p}. \quad (13.11)$$

В приведенных формулах приняты обозначения: ω – площадь живого сечения; b – ширина реки (AE); p – смоченный периметр (длина ломаной A, B, C, D, E , по которой вода соприкасается с ложем реки; зимой к этой длине нужно прибавить расстояние от берега до берега по нижней кромке льда, рис. 10).

Пользуясь приведенными формулами и полученными замерами глубин и расстояний между соседними промерными вертикалями (рис. 15), определяют площади промерных вертикалей (от № 1 до № 16). Общая площадь живого сечения находится как сумма площадей всех промерных вертикалей. Для приведенного примера площадь живого сечения составляет $240,7 \text{ м}^2$.

Ширина реки, или живое сечение, B , определяется как сумма расстояний между промерными вертикалями. Значение B для рассматриваемого примера (рис. 15) составляет 172,8 м. Средняя глубина

$$h_{\text{ср}} = \frac{\omega}{b} = \frac{240,7}{172,8} = 1,4 \text{ м.}$$

Смоченный периметр p , по которому вода соприкасается с ложем реки, находится расчетным путем по геометрическим фигурам промерных вертикалей и составляет 172,3 м.

Находим гидравлический радиус:

$$R = \frac{\omega}{p} = \frac{240,7}{172,3} = 1,4 \text{ м.}$$

Для естественных русел равнинных рек величины R и $h_{\text{ср}}$ оказываются очень близкими, т. к. при сравнительно большой ширине реки имеют небольшую глубину и $p \approx B$. Близость значений $p_{\text{ср}}$ и R позволяет в ряде формул заме-

нять строгое выражение для R , подсчет которого более трудоемок, его приближенным значением $h_{\text{ср}}$.

13.1.9. Определение скорости течения реки по формуле Шези

Весьма важная характеристика реки – скорость течения, т. е. путь частицы воды в единицу времени. В живом сечении скорость меняется в зависимости от глубины и ширины реки. Для определения скоростей течения существует много различных средств и приборов. Для определения скорости без измерений пользуются формулой Шези для равномерного движения открытого потока

$$U'_{\text{ср}} = C\sqrt{Ri}, \quad (13.12)$$

где C – коэффициент Шези; R – гидравлический радиус; i – продольный уклон водной поверхности участка реки.

Для нахождения коэффициента C существует несколько формул. Наиболее употребительна формула Н. Н. Павловского:

$$C = \frac{1}{n} R^y. \quad (13.13)$$

Здесь n – коэффициент шероховатости (табл. 11); y – показатель степени, зависящий от гидравлического радиуса R и n .

Для приближенных расчетов принимают:

$$y = 1,5\sqrt{n}, \quad \text{при } 0,1 < R < 1,0 \text{ м};$$

$$y = 1,3\sqrt{n}, \quad \text{при } 1,0 < R < 3,0 \text{ м}.$$

В рассмотренном примере $R = 1,4$, принимается показатель степени $y = 1,3\sqrt{n} = 1,3\sqrt{0,025} = 0,2$.

Определяем коэффициент Шези:

$$C = \frac{1}{n} R^y = \frac{1}{0,025} \cdot 1,4^{0,2} = \frac{1 \cdot 5\sqrt{1,4}}{0,025} = 43,2.$$

Определяем скорость течения $V'_{\text{ср}} = C\sqrt{Ri}$. При уклоне поверхности воды $i = 0,00011$

$$V'_{\text{ср}} = 43,2\sqrt{1,4 \cdot 0,00011} = 0,54 \text{ м/с}.$$

Коэффициент шероховатости

Таблица 11

Характеристика русла	Коэффициент шероховатости
1. Естественное русло в весьма благоприятных условиях (чистое, прямое, незасоренное, земляное, со свободным течением)	0,025–0,033
2. То же, с камнями	0,03–0,04
3. Периодические потоки (большие и малые) при очень хорошем состоянии поверхности и формы ложа	0,033
4. Земляные русла сухих логов в относительно благоприят-	0,04

ных условиях	
5. Руслу периодических водотоков, несущих во время паводка заметное количество наносов, с крупногалечниковым или покрытым растительностью ложем. Периодические водотоки сильно засоренные и извилистые	0,05
6. Чистое извилистое ложе с небольшим числом промоин и отмелей	0,033–0,045
7. То же, но слегка заросшее и с камнями	0,035–0,05
8. Значительно заросшие участки реки с очень медленным течением и глубокими промоинами	0,05–0,08
9. Очень сильно заросшие участки рек болотного типа	0,075–0,15
10. Поймы больших и средних рек; сравнительно разработанные, покрытые растительностью (трава, кусты)	0,05
11. Поймы весьма значительно заросшие, со слабым течением и большими глубокими промоинами	0,08
12. То же, но с сильно неправильным косоструйным течением, заводьями и пр.	0,1
13. Поймы лесистые с очень большими мертвыми пространствами, местными углублениями, озерами и пр.	0,133
14. Глухие поймы, сплошные заросли (лесные, таежного типа)	0,2

Наиболее объемлющей характеристикой живого сечения является расход воды. Расходом воды Q (м³/с) называется количество воды, протекающей через живое сечение и в единицу времени. Расход воды обычно находят по формуле

$$Q = \omega \cdot U'_{\text{cp}}. \quad (13.14)$$

В рассматриваемом примере расход воды составляет

$$Q = 240,7 \cdot 0,54 = 130 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Глава 14. Отчетная документация о результатах учебной практике

14.1. Порядок работы в предзащитный период

После завершения всех работ по учебной геологической и гидрологической практике у студентов наступает ответственный период систематизации и обобщения полученных материалов во время практики, написания и оформления отчета и его защиты. В связи с изменением характера работы (камеральная обработка вместо полевых работ) может быть изменен и режим дня. В целях оптимальной продуктивности и наиболее творческой работы студентов преподаватель не должен весь день проводить со студентами. Необходимо назначить определенные часы консультации. Остальное время студенты должны заниматься сами.

В первый день камеральной работы полезно прочитать обзорную лекцию для всех студентов. В ней следует обобщить и систематизировать результаты наблюдений, сделанных во время полевых работ.

На написание глав достаточно трех, максимум четырех дней, поэтому надо планировать время таким образом, что бы отчет был вчерне полностью написан за один или два дня до защиты. За это время студенты сдают преподавателю написанный ими материал, правят его, готовят иллюстрации (рисунки, схемы и т. д.)

14.2. Составление, содержание и оформление отчета

Главная цель написания отчета – научить студентов анализировать и обобщать наблюдения и геологически и гидрологически правильно изложить результаты такого обобщения. При этом также вырабатываются навыки правильного оформления отчетов.

Можно рекомендовать следующий план отчета и его содержание

1. Введение.

Прежде всего сообщается, что предлагаемая работа представляет собой отчет по учебной геологической и гидрологической практике, далее излагаются цели и задачи практики, сроки и место ее проведения, а также объем проведенных исследований: количество выполненных маршрутов и их цели. Здесь же сообщается состав бригады с указанием бригадира и авторство глав отчета. К этому разделу прилагается карта-схема района практики с нанесением точек наблюдений.

2. Физико-географический очерк.

В этой главе рассматриваются несколько вопросов. а). рельеф и гидрография; б). климат; в) растительность.

3. Краткие сведения о стратиграфии района практики.

Главу следует начать с краткого перечня главных стратиграфических подразделений, составляющих геологический разрез. Далее необходимо упомянуть о том, что все стратиграфические описания проводятся снизу вверх от древних до четвертичных и современных отложений.

Основной материал (в том числе схема стратиграфического расчленения разреза) для написания этой главы сообщается в обзорной лекции.

4. Экзогенные процессы и явления, связанные с деятельностью поверхностных и подземных вод и их влияние на основные формы рельефа.

5. Полезные ископаемые.

Описываются основные полезные ископаемые района – прежде всего строительные материалы и бутовый камень (известняки, граниты, гравий, песчано-гравийная смесь, песок, глина).

6. Заключение по геологической практике.

В краткой форме подводятся итоги всех наблюдений и излагается общее впечатление о практике.

По гидрологической практике в главах 1 и 2 используется информация аналогичных глав геологической практики

14.3. Порядок сдачи отчета.

Зачет по результатам практики принимает преподаватель. Проверку знаний студентов следует вести по трем основным направлениям.

1. Умение определять минералы и горные породы, собранные в маршрутах
2. Знание горного компаса. Умение определять элементы залегания на местности или на любой плоскости
3. Знание материалов по геологии района практики
4. Знание методов и способов проведения гидрометрических работ на реке; получение, обработка и оформление результатов исследования.

Библиографический список

Основная учебная литература

1. Ананьев, В.П. Инженерная геология [Текст] :учебник для вузов / В.П. Ананьев, А.Д. Потапов. -М. : Высш. шк., 2002.-511с.
2. Ананьев В.П. Основы геологии, минералогии и петрографии. Учебник для вузов /В.П. Ананьев, А.Д. Потапов. 2-е изд. перераб. и доп. М Высшая шк.,2005, 398с.
3. Илларионов В.А. Инженерная гидрология [Текст]. Учебное пособие для студентов спец. 270102 «Промышленное и гражданское строительство»,270205 «Автомобильные дороги и аэродромы» и направление бакалавриата 270100 «Строительство» всех форм обучения. Сыктывкар, СЛИ 2010, 239.
4. Короновский, Н.В. Геология [Текст]: учебник для вузов /Н.В. Короновский, Н.А. Ясаманов,-3-е изд. стер. -М. -Академия, 2006,-448с.
5. Методическое пособие по учебной гидрологической практике [Текст], В.А. Илларионов -Сыктывкар, СЛИ, 2010,-24с.
6. Михалев В.Н. Гидрология [Текст]: учебник для вузов /В.Н. Михалев, А.Д. Добровольская, С.А. Добролюбов. Изд.3-е М.: Высшая школа, 2008, 451с.
7. Рычагов Г.И. Геоморфология. Учебник для академического бакалавриата, 4-е изд. М. «Юрайт» 2018, 396с.
8. Рычагов Г.И. Общая геоморфология. Учебник.-3-е изд.перераб. и доп. /Г.И. Рычагов.- М. Изд-во Моск. ун-та, Наука, 2006. 416с.
9. Суворов А.К. Геология с основами гидрологии. Учеб. пос. для студентов вузов./А.К. Суворов.- М. КолосС, 2007.- 207с.

Дополнительная литература

10. Инженерная геология [Текст]: Методические рекомендации по учебной практике для студентов специальности 270102 «Промышленное и гражданское строительство», 270205 «Автомобильные дороги и аэродромы» и направлении бакалавриата 270100 «Строительство» всех форм обучения /сост. В.А. Илларионов :СЛИ,- Сыкт-р 2011, -33с.
11. Илларионов, В.А. Инженерная геология [Текст]: учеб. пособие/В.А. Илларионов. – Сыктывкар СыктГУ им.Питирима Сорокина, 2008. - 102с
12. Инженерная геология [Текст]: Самостоятельная работа студентов: методические указания для подготовке дипломированных спец. По направлению 653600 «Транспортное стр-во» спец. 270205 «Автомобильные дороги и аэродромы» /сост. Ю.А. Ткачев, 6СЛИ.- Сыкт-р. 2007.-64с.
13. Инженерная геология [Текст] сборник описания лабораторных работ для направления подготовки дип. Спец. По направ. 653600 «Транспортное строительство», спец. 270205 «Автомобильные дороги и аэродромы» /сост. Ю.А. Ткачев, СЛИ. Сыкт-р 2007.-20с.
14. Никитина, М.И. Геология. Основные понятия и термины (Текст): справ. пособ./М.И. Никитина, В.Б. Караулев.- М.: Едиториал УРСС, 2003.-152с.

15. Чернышев, С.Н. Задачи и упражнения по инженерной геологии (Текст): учебн. пособ. Для вузов / С.Н. Чернышев, А.Н. Чумаченко, И.Л. Ревелис, М. :Высш. шк. 2002.-254с.