

Министерство образования Республики Беларусь

**Учреждение образования
«Гомельский государственный технический
университет имени П. О. Сухого»**

Институт повышения квалификации и переподготовки

**Кафедра «Разработка, эксплуатация нефтяных
месторождений и транспорт нефти»**

В. Д. Порошин

ГЕОЛОГИЯ И ГИДРОГЕОЛОГИЯ

ПОСОБИЕ

по одноименному курсу

**для слушателей специальности переподготовки
1-70 05 75 «Трубопроводный транспорт, хранение
и реализация нефтегазопродуктов»
заочной формы обучения**

Гомель 2018

УДК 55+556.3(075.8)
ББК 33.361-11+26.35я73
П59

*Рекомендовано кафедрой «Разработка, эксплуатация
нефтяных месторождений и транспорт нефти» ГГТУ им. П. О. Сухого
(протокол № 6 от 14.12.2016 г.)*

Рецензент: зав. каф. «Разработка, эксплуатация нефтяных месторождений и транспорт нефти» Гомельского государственного технического университета имени П. О. Сухого д-р геолого-минерал. наук, доц. *В. Г. Жогло*

Порошин, В. Д.

П59

Геология и гидрогеология : пособие по одному курсу для слушателей специальности переподготовки 1-70 05 75 «Трубопроводный транспорт, хранение и реализация нефтегазопродуктов» заоч. формы обучения / В. Д. Порошин. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2018. – 129 с. – Систем. требования: PC не ниже Intel Celeron 300 МГц ; 32 Mb RAM ; свободное место на HDD 16 Mb ; Windows 98 и выше ; Adobe Acrobat Reader. – Режим доступа: <https://elib.gstu.by>. – Загл. с титул. экрана.

В пособии излагаются общие сведения о геологии, минералах и горных породах, основы общей и инженерной геологии, а также гидрогеологии, материалы по процессам внутренней и внешней динамики Земли, методам гидрогеологических и инженерно-геологических исследований. Предназначено для слушателей Института повышения квалификации и переподготовки.

УДК 55+556.3(075.8)
ББК 33.361-11+26.35я73

© Учреждение образования «Гомельский
государственный технический университет
имени П. О. Сухого», 2018

ВВЕДЕНИЕ

Учебное пособие по изучению дисциплины «Геология и гидрогеология» предназначено для слушателей Института повышения квалификации и переподготовки (ИПКиП) по специальности «Трубопроводный транспорт, хранение и реализация нефтепродуктов». Пособие подготовлено в соответствии с «Образовательным стандартом Республики Беларусь ОСРБ 1 - 70 05 75 – 2016 «Переподготовка руководящих работников и специалистов, имеющих высшее образование» по вышеназванной специальности (утвержден и введен в действие постановлением Министерства образования Республики Беларусь от 26.08.2016г., №84).

Для усвоения курса слушатели должны владеть, по меньшей мере, основами трех самостоятельных геологических дисциплин (общая геология, инженерная геология, гидрогеология) и им приходится вести поиск необходимой информации по различным учебникам, пособиям, отдельным разрозненным публикациям и т.д. К тому же такая информация должна быть адаптирована к специальности переподготовки 1 – 70 05 75 «Трубопроводный транспорт, хранение и реализация нефтепродуктов». Специальные учебники и учебные пособия по курсу «Геология и гидрогеология» для данной специальности в настоящее время отсутствуют. Поэтому основной целью данного пособия является лаконичное изложение учебной программы в необходимом объеме в рамках одной небольшой работы.

Структура, объем и содержание изложенного в пособии материала прошли апробацию при чтении лекций, проведении практических и лабораторных занятий в ИПКиП Гомельского государственного технического университета имени П.О. Сухого. Автор надеется, что опыт его научной и производственной деятельности, а также опыт, полученный при подготовке и проведении занятий по дисциплине «Геология и гидрогеология», позволили скомпоновать необходимый материал согласно вышеназванной Учебной программе с необходимой полнотой, доступностью и, вместе с тем, краткостью изложения.

1. ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ О ГЕОЛОГИИ

1.1. Геология как наука, ее содержание и ее подразделения

Геология (гео – Земля, логос – учение) – наука о происхождении, строении и истории развития Земли, о геологических процессах, в результате которых формируется земная кора, о зарождении и эволюции жизни на Земле, процессах, протекающих в ее недрах и на поверхности, химическом и вещественном составе земной коры, условиях формирования и закономерностях распространения полезных ископаемых.

Начиная с глубокой древности люди стали изучать строение Земли, состав и свойства ее пород и процессы, непрерывно изменяющие земную поверхность. К концу 18 века накопился столь значительный запас сведений о Земле, что смогла сформироваться самостоятельная наука, получившая название «геогнозия» (землевладение), а в 19 веке – геология (наука о Земле) / 1/.

Геология не изолирована от других областей знаний. Наоборот, геология, как многоотраслевая наука, привлекает для изучения или объяснения тех или иных геологических процессов и закономерностей данные таких наук, как физика, химия, математика, биология, планетология, космофизика и др. Из науки описательной она превращается в науку, опирающуюся на точные физико–математические и другие методы исследований.

Интенсивное развитие геологии привело к накоплению большого количества фактических материалов, в результате чего отдельные разделы геологической науки стали обособляться в самостоятельные научные дисциплины. Возникли минералогия (наука о составе, происхождении и свойствах природных соединений – минералов, слагающих земную кору), петрография (наука об агрегатах минералов – горных породах, их составе, строении, происхождении и условиях залегания), литология (наука о формировании и свойствах осадочных пород), динамическая геология, изучающая процессы изменяющие облик Земли, стратиграфия (учение о последовательности залегания различных слоев Земли и времени их образования), тектоника, изучающая структурные изменения земной коры и литосферы, историческая геология, исследующая историю развития земной коры с начала ее формирования до настоящего времени, серия геологических наук,

изучающих условия формирования и закономерности распространения отдельных видов полезных ископаемых (геология нефти и газа, геология рудных полезных ископаемых и т.д.). Среди перечисленного ряда геологических наук достойное место занимает общая геология, гидрогеология и инженерная геология, о которых в основном пойдет речь в данном пособии.

Общая геология рассматривает общие сведения о Вселенной и Земле, начиная от положения Земли в мировом пространстве и кончая различными процессами, которые происходят на поверхности планеты и в ее недрах. Первый раздел общей геологии рассматривает вопросы строения Земли, химический состав и физические свойства планеты, ее внешние оболочки (атмосфера, гидросфера, биосфера), вещественный состав земной коры (минералы и горные породы), дает краткие сведения по истории развития земной коры. Следующие разделы общей геологии посвящены процессам внешней (геологическая деятельность ветра, поверхностных и подземных вод, морей, озер и ледников) и внутренней динамики Земли (магматизм, движения земной коры, тектонические нарушения, метаморфизм), а также сведениям о геологической документации /2-6/.

Гидрогеология – наука о подземных водах, т.е. водах, находящихся ниже поверхности земли в газообразном, твердом и, главным образом, в жидком виде, приуроченных к различным горным породам. Она изучает происхождение и развитие подземных вод, условия их залегания и распространения, законы движения, взаимодействие с вмещающими породами, физические и химические свойства, их газовый состав и агрессивность /7–10/.

Инженерная геология – наука изучающая земную кору как возможную среду инженерной деятельности человека. Возводимые объекты (в т.ч. трубопроводы, насосные станции, подземные резервуары для хранения нефти и газа) вызывают определенные изменения природно–геологических условий, а измененная природная обстановка в сочетании с естественной, в свою очередь, влияет на условия строительства. Отсюда следует, что теоретической и практической задачей инженерной геологии является прогнозирование геологических процессов, вызываемых хозяйственной деятельностью человека и разработка мероприятий, обеспечивающих нормальную работу различных предприятий (в т.ч. нефтегазового профиля), а также устойчивость и нормальную эксплуатацию различных сооружений, возводимых как в

благоприятных, так и в неблагоприятных геологических условиях /8, 12/.

Инженерная геология самым тесным образом связана с учением о подземных водах – гидрогеологией. Развитие гидрогеологии началось несколько раньше инженерной геологии и идет параллельно с ней.

В современных условиях инженеры-строители (в т. ч. занимающиеся возведением различных трубопроводов и хранилищ углеводородов) обычно сами не ведут инженерно-геологические исследования – для этого существуют специализированные инженерно-геологические организации. Однако при проектировании, финансировании и осуществлении строительства они должны знать, понимать и учитывать инженерно-геологические и гидрогеологические условия строительной площадки или трасс трубопроводов. Инженеры строители должны уметь правильно и вовремя поставить перед геологом задачи инженерно-геологических исследований, должны принимать правильные решения о проведении инженерно-строительных мероприятий, необходимых в конкретных геологических условиях, а также оценивать качество проводимых геологических и гидрогеологических исследований. Поэтому изучение дисциплины «Геология и гидрогеология» является обязательным для слушателей Института повышения квалификации и переподготовки по специальности «Трубопроводный транспорт, хранение и реализация нефтепродуктов»

1.2. Методы в геологии

Геология как наука обладает большим количеством методов, позволяющих изучать глубокие недра Земли, современные геологические процессы и историю развития различных участков ее территории, исследовать разнообразные свойства горных пород и подземных вод, слагающих земную кору, вести поиск разведку и разработку различных полезных ископаемых. Каждое из перечисленных в предыдущем разделе направлений в геологии обладает своим набором методов, которые основаны на использовании новейших достижений естественных наук – физики, химии, биологии, геофизики, географии и др.

Изучение внутреннего строения Земли производится различными геологическими и геофизическими методами.

Геологические методы основаны на изучении естественных обнажений горных пород в горно-пересеченной местности, разрезов глубоких шахт и рудников, продуктов извержения вулканов, а также метеоритов и образцов пород, доставленных с Луны, Марса, Венеры.

Среди геологических методов познания недр Земли особо необходимо отметить глубокое и сверхглубокое бурение, позволяющее отбирать для изучения образцы горных пород и пластовых флюидов с больших глубин, изучать пластовую температуру, физико-химические и геофизические свойства геологического разреза. Несмотря на то, что самая глубокая скважина, пробуренная на Кольском полуострове, достигла глубин только в 12,3 тысяч метров, полученные материалы глубокого бурения позволяют более объективно применять для изучения недр геофизические методы исследований.

Изучая прохождение сейсмических волн при землетрясениях и проводя геофизические, геохимические, космические и другие исследования, геолог раскрывает тайны строения глубоких горизонтов земной коры и Земли как планеты в целом.

В настоящее время наука располагает комплексом геофизических методов исследования земных недр, основанных на использовании свойств материи Земли, полученных геологическими методами (электрических, магнитных, тепловых, гравитационных, сейсмических). Наиболее информативными для решения этих задач оказались данные исследования сейсмических волн землетрясений, обвалов, искусственных взрывов (метод глубинного сейсмического зондирования).

Исследования показывают, что при подземных толчках возникает три рода сейсмических волн: продольные поперечные и поверхностные. Продольные волны распространяются в направлении колебания частиц горных пород. На границе слоев с разной плотностью они испытывают преломление и частичное отражение. Поперечные волны распространяются только в твердых средах, в направлении перпендикулярном колебательным движениям частиц. На границе с газообразной и жидкой средой поперечные волны испытывают полное отражение. По продольным и поперечным сейсмическим волнам методом глубинного сейсмического зондирования установлено строение земной коры, мантии и ядра Земли (см. разд. 1.3).

Сопоставление скоростей сейсмических волн в земной коре со скоростями, измеренными в образцах горных пород позволило установить, что под покровом осадочных пород, составляющих верхние слои земной коры, залегают гранитные породы, затем базальтовые и еще ниже перидотитовые.

Из геофизических методов для изучения земной коры применяются также гравиметрические, магнитометрические, ядерные, геотермические и другие методы. Гравиметрические методы позволяют определить плотность горных пород, установить аномалии силы тяжести, магнитометрические – выявить на глубине распределение магнитных масс, геотермические – величину тепловых потоков, поднимающихся из глубинных зон Земли.

В целях изучения геологического прошлого Земли применяется принцип актуализма, основанный на том, что процессы, происходившие в прошлые геологические эпохи, и явления, вызывавшиеся этими процессами, имеют много общего с современными геологическими процессами и явлениями. Поэтому, изучая современные процессы и результаты их действия, можно приближенно восстановить ход древних процессов и явления, с ними связанные. Естественно геологи, пользуясь принципом актуализма, переносят ход современных геологических процессов в прошлое не механически, а с учетом того, что условия среды (климат, органический мир, атмосфера, распределение океанов и морей) в прошлом непрерывно менялись.

Каждая самостоятельная геологическая дисциплина использует не только общие для геологии методы исследований, но и свои собственные методы, адаптированные к решению конкретных задач. Так, в инженерной геологии для изучения и оценки физико-механических свойств горных пород применяют геологические, полевые и лабораторные методы.

Геологические методы заключаются в изучении возраста, происхождения, характера, состава и мощности горных пород непосредственно в условиях их естественного залегания. При этом описываются естественные обнажения горных пород, бурят скважины, проводят проходку шурфов и штолен для отбора образцов горных пород и их осмотра, выполняют геофизические исследования, определяют выдержанность состава и мощности пород и разреза по площади, изменение степени трещиноватости и т.д. Полевые методы основаны на использовании специальных установок, позволяющих

оценить свойства горных пород в условиях их естественного залегания. Лабораторными методами изучают инженерно-геологические свойства пород (сжимаемость, сопротивление сжатию и сдвигу, размокаемость и т.д.) на образцах в лабораторных условиях.

1.3. Земля как планета. Происхождение и строение Земли

Земля – одна из планет Солнечной системы. Солнечная система входит в состав одной из звездных подсистем Галактики и располагается где-то посередине между центром и краем ее диска /2/. Вокруг Солнца по эллиптическим орбитам вращается девять планет Солнечной системы, большинство из которых имеют один или несколько (до 17) спутников. Между Марсом и Юпитером располагается пояс астероидов, который делит планеты Солнечной системы на две группы. Ближе к Солнцу расположены малые планеты типа Земли: Меркурий, Венера, Земля и Марс; за поясом астероидов – планеты гиганты: Юпитер, Сатурн, Уран, Нептун и Плутон (рисунок 1.1.) Впрочем по размеру Плутон трудно отнести к гигантам.

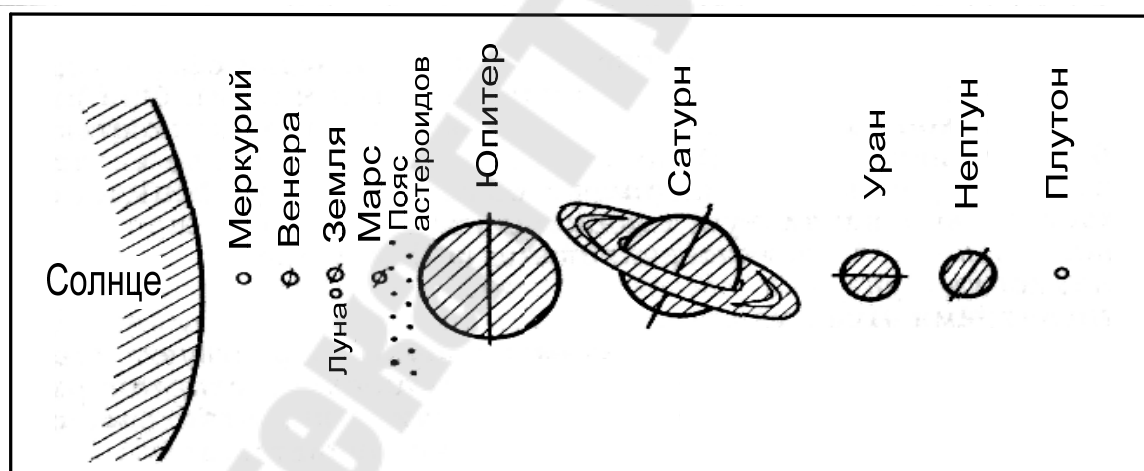


Рис. 1.1. Относительные размеры Солнца и планет Солнечной системы

Планеты типа Земля характеризуются: малыми размерами, высокой плотностью, небольшими массами, медленным вращением вокруг своих осей, преобладанием в их составе более тяжелых химических элементов. Планеты гиганты (за исключением Плутона) отличаются от малых планет, состоящих из кислорода, кремния, алюминия, железа и некоторых других химических элементов. Они образованы преимущественно аммиаком, метаном, водородом и

гелием. Ниже приведены общие сведения о физических параметрах Солнца и планет Солнечной системы (таблица 1.1).

Таблица 1.1

Физические параметры планет Солнечной системы

Объект	$M/M_{\text{Зем}}$	$R/R_{\text{Зем}}$	σ , г/см ³	g , м/с ²	Магнит- ное поле, Эрстед	Коли- чество спут- ников	Период враще- ния
Солнце	99,9%	-	-	-	-	-	-
Меркурий	0,055	0,38	5,44	3,7	0,03	-	59 сут
Венера	0,82	0,95	5,25	8,87	0,25	-	243 сут. обратн.
Земля	1,0	1,0	5,52	9,8	0,5	1,0	1,0 сут.
Марс	0,107	0,53	3,94	3,73	0,07	2	1,03 сут.
Юпитер	318	11,2	1,33	23	660	16	10 час.
Сатурн	95	9,4	0,7	9,1	370	17	9,1 час.
Уран	15	4,1	1,26	7,8	32	5	15 час.
Нептун	17	3,9	1,67	11	30	2	18 час.
Плутон	0,1	0,2	4,9	-	-	1	-

Рассматривая Землю, как одну из планет солнечной системы, отметим некоторые закономерности, выявленные в строении этой системы.

1. Все планеты вращаются вокруг Солнца в том же направлении, в каком вращается Солнце.

2. Орбиты планет проходят как бы в одной плоскости (отклонение имеет лишь орбита Плутона).

3. Более плотные малые планеты расположены в непосредственной близости от Солнца: состоят они из более плотного вещества и удалены друг от друга на относительно небольшие расстояния (по сравнению с планетами гигантами).

4. Малые планеты имеют более разреженные атмосферы, состоящие преимущественно из углекислого газа, азота, кислорода, водорода и почти лишены спутников.

5. Планеты расположены на безопасных, с точки зрения взаимного притяжения, расстояниях. Эти расстояния находятся в прямой зависимости от масс планет, т.е. чем больше массы соседних планет, тем больше расстояние между их орбитами.

Земля имеет одного спутника – Луну, которая отдалена от нее на расстояние более 365 тыс. км. Форма Луны шарообразная, вытянутая в сторону Земли, диаметр ее 3467 км, средняя плотность 3,3 г/см³.

Один оборот вокруг Земли и вокруг своей оси она совершает за 27,33 земных суток. Луна обращена к Земле одной стороной. Атмосфера у Луны отсутствует. Температура на поверхности Луны в лунный полдень $+120^{\circ}\text{C}$, ночью -150°C . На поверхности Луны четко прослеживается лунный рельеф, основными формами которого являются лунные моря, кратеры, кольцевые горы и лучевые горные системы. Лунный грунт имеет серый или коричневый цвет и состоит из тонкопесчаного материала и отдельных камней. Тонкий лунный материал представлен обломками пород, кристалликами и стеклянными шариками, в составе которых преобладает железо, титан, торий, цирконий. Возраст Луны, по данным исследования лунного грунта, около 4,5 млрд. лет.

На рис.1.2 показано сравнение химического состава земных и лунных пород, полученных в результате космических исследований.

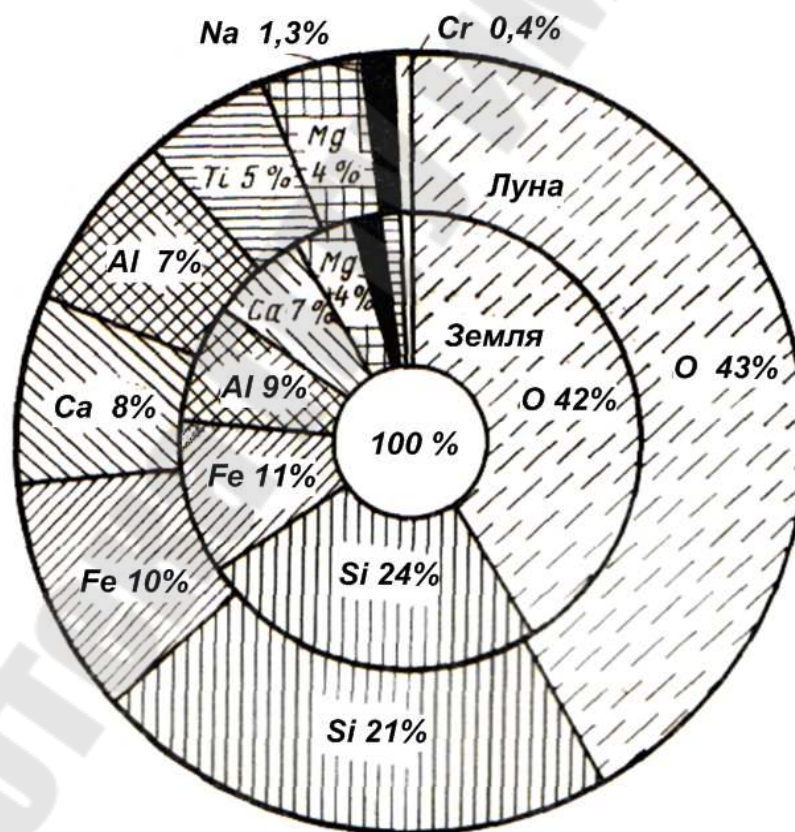


Рис.1.2. Элементный состав земных и лунных пород

В целом наблюдается значительное сходство по составу пород Луны и Земли, хотя в лунных образцах значительно больше титана и нет воды. Следует также отметить значительное сходство пород

Земли, Марса и метеоритов, что свидетельствует о единстве состава Земли, Луны и других малых планет Солнечной системы. Вместе с тем наша планета занимает среди планет солнечной системы особое положение – у нее есть жидкая вода (гидросфера), биосфера и ноосфера (органическая и разумная жизнь).

Вопрос о происхождении Земли является весьма сложным и пока не решенным.

Космогоническая гипотеза Канта была первой научной гипотезой, рассматривающей развитие космоса и происхождения Земли на основе действия физических сил (1755г.). Несколько позднее появилась схожая гипотеза Лапласа. Согласно этим гипотезам, космическая материя первоначально состояла из элементарных частиц. Под влиянием сил притяжения и отталкивания они в пределах всего космического пространства стали приходить в определенный порядок, стягиваясь к центрам притяжения и приобретая вращательное движение. В результате такого сгущения массы большой вращающейся туманности из периферической части туманности возникли планеты, из центральной – Солнце. Предполагалось, что первоначально Земля находилась в огненно-жидком состоянии, а затем происходило ее остывание. В гипотезах Канта и Лапласа в последствии обнаружились противоречия физического характера.

В СССР в 30-х годах XX столетия широкое распространение получила гипотеза О.Ю. Шмидта, рассматривающая облака метеорной пыли как материал для возникновения планет, а движение Солнца, как условия захвата и уплотнения этого материала. Вначале размеры Земли были меньше современных и постоянно увеличивались за счет падающих метеоритов. Земля рассматривается как твердое тело со сравнительно постоянной во времени температурой.

Однако и в гипотезе О.Ю. Шмидта отмечено ряд противоречий. Она явно преувеличивает роль метеоритов в образовании планет и недоучитывает роль физико-химических процессов, происходящих на Солнце.

Более совершенной выглядит гипотеза академика В.Г. Фесенкова. Вопросы об эволюции звезд и происхождении Солнечной системы В.Г. Фесенков рассматривает неразрывно друг от друга. Солнце и планеты образовались из газовой-пылевой туманности, которая прошла стадию уплотнения, консолидации и стадию

волокнистой туманности. Звездообразное сгущение, возникшее из уплотненного волокна, первоначально находилось в окружении газовой-пылевой материи. Последняя, вращаясь вокруг сгущения, образовало уплотнения, протопланеты, а затем и сами планеты.

В соответствии с этой гипотезой, далеко расположенные от Солнца планеты гиганты сохранили свой первоначальный состав до настоящего времени. Причиной этому является твердое состояние газов в их мощных и очень холодных атмосферах. Планеты, расположенные близко к Солнцу (в т. ч. и Земля), утратили свой первоначальный состав. Легкие элементы у них под давлением солнечных лучей рассеялись в межпланетном пространстве. До настоящего времени сохранились лишь ядра этих протопланет, состоящие из тяжелых элементов.

Большинство ученых США, Англии, Франции и некоторых других стран придерживаются мнения, что планеты земного типа образовались за счет аккумуляции твердых космических частиц и тел, тогда как планеты-гиганты сформировались за счет кристаллизации газов.

Земля вместе с другими планетами Солнечной системы совершает во вселенной сложный круг движений. Вращаясь вокруг своей оси, она одновременно обращается вокруг Солнца и вместе с ним вокруг центра нашей Галактики, которая называется «Млечный путь». Обращение вокруг Солнца происходит по эллиптической орбите с периодом 365 солнечных суток, вращение вокруг оси Земля совершает за 23ч 56 мин 4 сек.

Земля имеет шарообразную форму, близкую к форме трехосного эллипсоида вращения, точнее геоида. Геоид (землеподобный) представляет собой условную поверхность, направление силы тяжести в любой точке которой перпендикулярно этой поверхности. Иначе говоря это поверхность, которую бы принял уровень воды, если бы вся Земля была покрыта океаном (т.е. совпадает с уровнем воды в Мировом океане, который мысленно проводится под континентами).

По существующим данным, Земной шар может быть подразделен на ряд концентрических сфер. Эти сферы называются оболочками Земли или геосферами. Можно выделить наружные геосферы, доступные непосредственному изучению – атмосферу, гидросферу, биосферу, а также частично земную кору, и ряд внутренних, границы раздела между которыми выделены по резким

скачкообразным изменениям скоростей распространения сейсмических волн, вызванных изменением упругих характеристик и плотности вещества (рис. 1.3).

В упрощенном виде в Земле выделяется ядро, радиусом около 3400 км, мантия или промежуточная оболочка толщиной примерно 2900 км и земная кора, мощность которой колеблется от 5 до 75 км. Каждая из этих геосфер, в свою очередь, неоднородна и подразделяется на субоболочки, отличающиеся по своим физико-химическим свойствам.

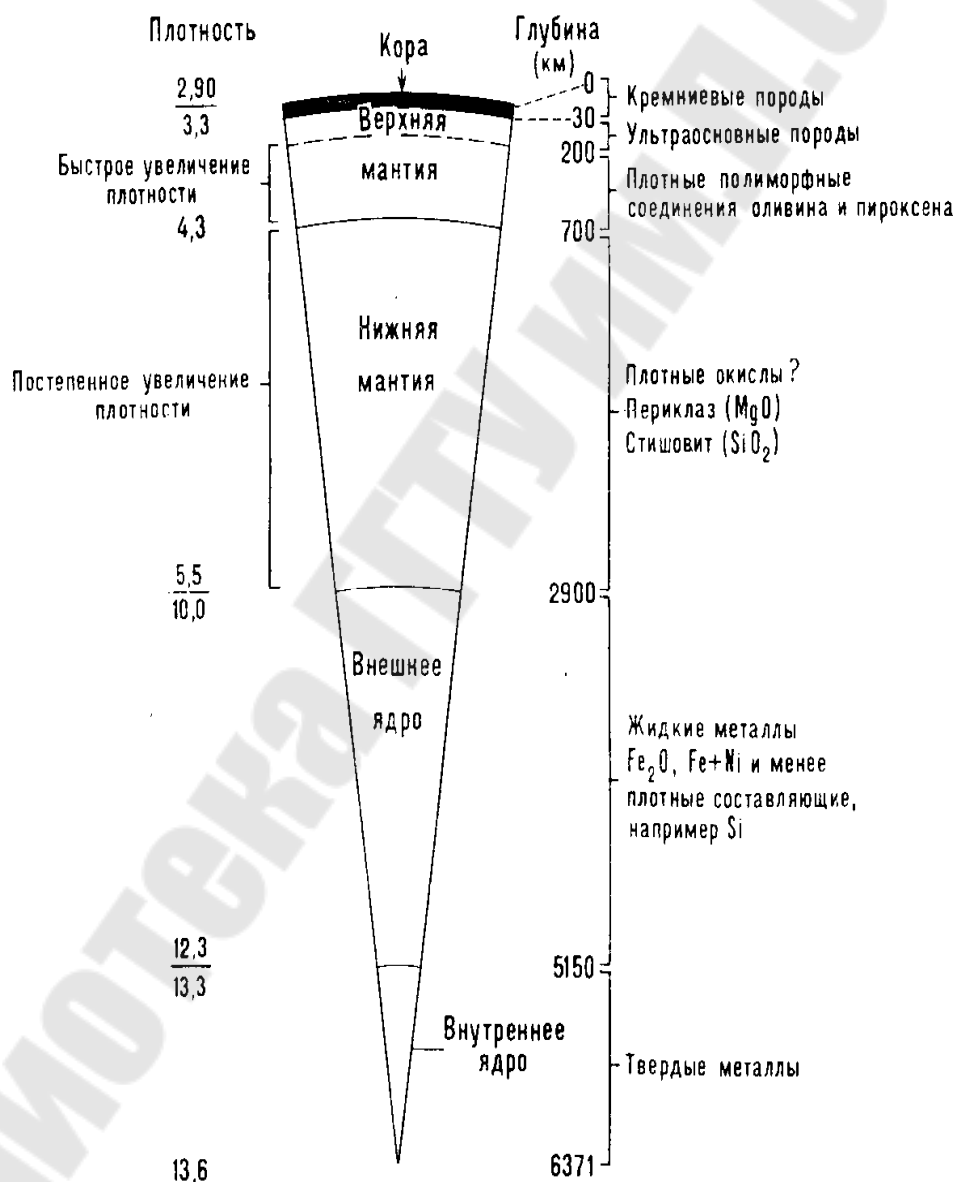


Рис. 1.3. Земля, ее строение и состав

Представление о неоднородном строении земного шара первоначально базировались на сравнении величин плотности горных пород, наиболее широко встречаемых в природе, со средней плотностью Земли. Средняя плотность Земли была вычислена после установления ее размеров и составила $5,52 \text{ г/см}^3$, что значительно превышает плотность веществ, наиболее часто встречающихся на поверхности планеты (около $2,7 \text{ г/см}^3$). Следовательно недра Земли сложены веществами, имеющими плотность, превышающую $5,52 \text{ г/см}^3$.

Последующие геофизические исследования показали, что плотность вещества Земли с глубиной изменяется не только постепенно, но на определенных глубинах и резко.

Ядро Земли – центральное тело нашей планеты, ограниченное поверхностью раздела на глубине около 2900 км. На этой глубине скорость продольных волн скачкообразно понижается (с 13,7 до 8 км/с), а поперечные волны ядро не пропускает. По современным представлениям это тело состоит из внешнего ядра, находящегося в расплавленном состоянии, и внутреннего (с глубины 5100 км), вероятно твердого. Ядро, как предполагают ученые, имеет железоникелевый состав.

Промежуточная оболочка (мантия) располагается между земной корой и ядром Земли в интервале глубин 50 – 2900 км. Скорости распространения сейсмических волн в ней достигают 13,7 км/с (для продольных волн) и 7,3 км/с (для поперечных). В целом вещество ее имеет ультраосновной состав (ультраосновные магматические породы). В верхней части мантии предполагается наличие первичных магматических очагов.

Земная кора обладает довольно резко изменяющейся мощностью и непостоянным строением. Выделяют земную кору континентального и океанического типов. В отдельных районах (Прикаспийская впадина) наблюдается субокеаническая и субконтинентальная (окраинные моря) земная кора. В районе Прикаспийской впадины, осадочная толща мощностью до 20 км и более залегает непосредственно на базальтовом слое, также как и в областях дна внутренних морей (Черное, Средиземное, Японское, Берингово и др.).

Континентальная кора состоит из осадочного, гранитного и базальтового слоя (рис. 1.4). Осадочный слой прерывистым чехлом

покрывает земную кору с поверхности. Его мощность местами достигает 15 – 18 км, при среднем значении около 3 км.

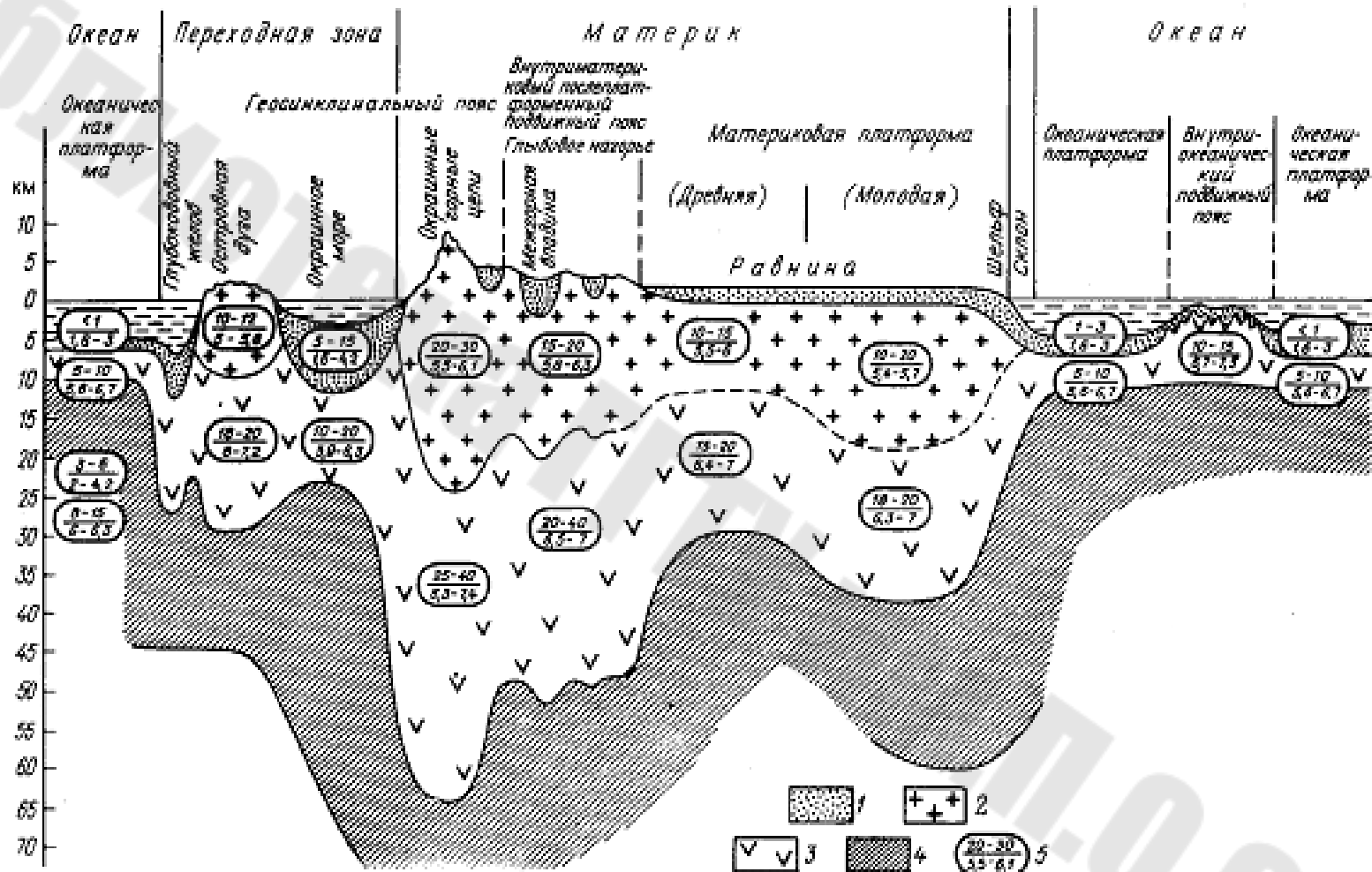


Рис. 1.4. Основные типы строения земной коры и ее главные структурные элементы (по Е.В. Хаину, 1964):
 1 – осадочный слой, 2 – гранитный слой, 3 – базальтовый слой, 4 – верхняя мантия, 5 – характеристика слоев (в числителе – средняя мощность в км, в знаменателе – средние скорости сейсмических волн, км/с).

Высоко поднятые участки залегания кристаллических пород почти не несут на себе осадочного слоя (щиты, кристаллические массивы), в то время как во впадинах мощность осадков резко увеличивается. Например, в Баренцевом море, где в прибрежной части развит континентальный тип коры, в 150 км от берега мощность осадочного слоя достигает 18 км.

Гранитный слой также не выдержан по мощности. В молодых горах (Альпы, Кавказ, Карпаты, Гималаи и др.) мощность его увеличена и может достигать 25 – 30 км, а в районах более древней складчатости (Урал, Алтай) имеет место уменьшение мощности гранитного слоя.

Базальтовый слой распространен повсеместно, но его мощность также изменчива и в определенной мере коррелируется с мощностью гранитного слоя.

Океанический тип земной коры в отличие от континентального состоит из осадочного и базальтового слоя. Осадочный слой распространен почти повсеместно, исключая рифтовые зоны срединно-океанических хребтов. Мощность его колеблется в пределах сотен и тысяч метров. Базальтовый слой под дном океанов имеется везде и его мощность обычно колеблется в пределах 5 – 10 км. Граница между континентальной и океанической корой может быть как резкой (глубинные разломы), так и постепенной.

1.4. Геологическая хронология

Для определения возраста отдельных слоев земной коры пользуются методами относительной и абсолютной геохронологии.

Метод определения относительного возраста основан на изучении последовательности залегания слоев, сравнении их петрографического состава и органических остатков. Для того чтобы расчленить слои земной коры по возрасту, необходимо было в первую очередь установить последовательность их образования и залегания в ненарушенных условиях различных участков Земли. Этим вопросом занимается одна из отраслей геологии – стратиграфия. Для стратиграфического расчленения толщ осадочных горных пород и установления их возраста в геологии пользуются палеонтологическим методом исследования, основанным на изучении ископаемых остатков вымерших организмов. Для каждого геологического периода характерен свой комплекс фауны и флоры. В связи с этим находки в

горных породах тех или иных ископаемых остатков позволяют судить об их возрасте.

В последние годы большим успехом пользуются методы определения абсолютного возраста с применением радиологических исследований. Они основаны на изучении конечных продуктов распада радиоактивных элементов. По количеству распавшегося вещества и времени распада (оно постоянно для определенного элемента) судят о возрасте горных пород. В практике успешно применяются изотопный, гелиевый, аргоновый, стронциевый и другие радиологические методы определения абсолютного возраста пород.

Время, необходимое для распада на 50% какого-либо изотопа, называется периодом полураспада. Например урановый метод основан на том, что период полураспада изотопа урана с атомным весом 238 и переходом его в свинец достигает 4,5 млрд. лет. Определяя соотношение содержания в породе данного изотопа урана и свинца и зная скорость распада, можно установить продолжительность протекания этого процесса, а значит и возраст породы.

Периоды полураспада радиоактивных элементов существенно различаются, что позволяет исследователям пользоваться тем или иным методом для установления возраста древних и даже современных отложений. Так, период полураспада тория 232 – 13,9 млрд. лет, урана с атомным весом 235 – 891 млн. лет, а радиоактивного изотопа углерода с атомным весом 14 – 5 568 лет. Последнее позволяет широко использовать углеродный метод в четвертичной геологии. Определив содержание изотопа в растительных остатках, этот метод позволяет установить их возраст с точностью до 200 лет /11/.

Абсолютный и относительный возраст горных пород был положен в основу геохронологических подразделений земной коры. Геологическое время делится на эры, периоды, эпохи, века. Каждому отрезку времени соответствуют определенные толщи горных пород.

По сведениям о последовательности накопления осадков, их петрографическом составе и органическом остаткам вся толща земной коры разделена на группы, группы – на системы, системы – на отделы, отделы – на ярусы. Эти подразделения, называемые стратиграфическими единицами, составляют международную стратиграфическую шкалу земной коры. Стратиграфической шкале соответствует геохронологическая шкала (таблица 1.2).

Таблица 1.2

Геохронологическая таблица

Группа (эра)	Система (период)	Отдел (эпоха)	Возраст, млн лет	Цвет	
Кайнозойская KZ	Четвертичная Q (антропогеновая)	галоцен Q ₄	0-2	желтовато-светло-серый, зеленоватый	
		плейстоцен верх. Q ₃			
		плейстоцен сред. Q ₂			
плейстоцен ниж. Q ₁					
Неогеновая N	Неогеновая N	Плиоцен N ₂	2-10	Светло-желтый	
		Миоцен N ₁	10-35		
		Олигоцен □ ₃	35-40		
Палеогеновая (□)	Палеогеновая (□)	Эоцен □ ₂	40-70	Темно-желтый Оранжево-желтый	
		Палеоцен □ ₁	40-70		
Мезозойская MZ	Меловая K(Cr)	Верхний K ₂	70-100	зеленый	
		Нижний K ₁	100-140		
	Юрская J	Юрская J	Верхний J ₃	140-185	синий
Средний J ₂					
Нижний J ₁					
Триасовая T	Триасовая T	Верхний T ₃	185-225	фиолетовый	
		Средний T ₂			
		Нижний T ₁			
Палеозойская PZ	Пермская P	Верхний P ₂	225-270	оранжевый	
		Нижний P ₁			
	Каменноугольная C	Каменноугольная C	Верхний C ₃	270-320	серый
			Средний C ₂		
			Нижний C ₁		
	Девонская D	Девонская D	Верхний D ₃	320-400	коричневый
Средний D ₂					
Нижний D ₁					
Силурийская S	Силурийская S	Верхний S ₂	400-424	Светло-серо-зеленый	
		Нижний S ₁			
Ордовикская O	Ордовикская O	Верхний O ₃	424-468	Темный серо-зеленый, оливковый	
		Средний O ₂			
		Нижний O ₁			
Кембрийская (Cm)	Кембрийская (Cm)	Верхний Cm ₃	468-600	Лиловый, голубовато-зеленый	
		Средний Cm ₂			
		Нижний Cm ₁			
Протерозойская PR			600 до 1900	розовый	
Архейская AR			1900 до 3500	Темно-или сиренево-розовый	
Возраст Земли			Около 4600		

Для сокращенного обозначения стратиграфических и геохронологических единиц применяют индексы. Например палеозойская эра (группа) обозначается буквами PZ, пермская система (период) – буквой P. Отделы (эпохи) той или иной системы (периода) обозначаются цифрой, которая ставится у основания индекса. Обозначения, принятые в таблице 1.2 повсеместно используются в геологической практике, при составлении геологических карт, разрезов и т.д. Для удобства чтения геологических документов применяются цветные знаки, соответствующие стратиграфическим и геохронологическим подразделениям.

Всего в геологической истории Земли выделено пять групп (эр): архейская, протерозойская, палеозойская, мезозойская и кайнозойская.

Определение абсолютного возраста горных пород позволило установить длительность эр, периодов, эпох, веков, а также возраст земной коры.

2. МИНЕРАЛЫ И ГОРНЫЕ ПОРОДЫ

Земная кора состоит из минералов и горных пород. Минералы представляют собой природные химические соединения, обладающие определенными физическими и химическими свойствами. Горные породы – это минеральные агрегаты, занимающие большие объемы в земной коре.

2.1. Минералы, их физические свойства, классификация.

Главнейшие породообразующие минералы

Минералы – это составные части горных пород. Изучение минералов входит в задачу науки минералогии, выделившейся из геологии. Минералы в основном твердые тела. К жидким минералам относятся вода, ртуть и др. Почти все твердые минералы имеют кристаллическое строение, которое характеризуется закономерным расположением атомов, ионов и молекул в узлах пространственной кристаллической решетки.

Минералы в зависимости от происхождения, химического состава и др. условий различаются по форме кристаллов, цвету, твердости, спайности и др. По этим признакам различают минералы и

устанавливают их названия, так как каждый минерал характеризуется присущим только ему комплексом физических свойств.

По форме твердые минералы могут быть кубические (галит, галенит, магнетит), вытянутые в одном направлении, призматические (кварц), столбчатые (азбест), таблитчатые (слюда).

Объемная масса наиболее распространенных минералов как правило изменяется от 2,5 до 2,8 г/см³. Так, плотность наиболее распространенного минерала кварца составляет 2,7 г/см³. Самый тяжелый минерал осмистый иридий имеет удельный вес 23 г/см³.

По прозрачности минералы подразделяют на прозрачные (кварц, галит), полупрозрачные (гипс, халцедон) и непрозрачные (пирит).

Нередко минералы в раздробленном состоянии (черта) имеют другую окраску и это (цвет черты) рассматривается как диагностическое свойство.

Твердость минерала определяют царапанием свежей грани исследуемого минерала и минерала из эталонной шкалы (шкалы Мооса). По твердости минералы в этой шкале идут в следующей очередности: тальк, гипс, кальцит, флюорит, апатит, полевой шпат, кварц, топаз, корунд, алмаз.

Спайность – это способность минералов сравнительно легко раскалываться при механическом воздействии. Различают весьма совершенную (слюда), совершенную (кальцит), несовершенную (apatит) и весьма несовершенную (аморфные минералы) спайность.

Различают следующие виды блеска минералов: стеклянный (кварц), алмазный, металлический (пирит), металлоидный (ильменит), жирный (тальк), восковый (халцедон), шелковистый (селенит), матовый (каолин).

Характер излома минерала определяют в тех случаях, когда излом происходит не по плоскостям спайности: раковистый, занозистый, зернистый и др.

Многие минералы различают не только по основным физическим свойствам, но и по вкусу (галит, сильвин), запаху, температуре плавления, хрупкости, упругости, флюоресценции, магнитным, электрическим и радиоактивным свойствам.

Минералы классифицируют по химическому составу, происхождению и др.

Обычно рассматривают классификацию по химическому составу, согласно которой выделяют:

- самородные элементы (золото, алмаз, графит);

-алюмосиликаты и силикаты (соли кремниевых и кремнеглиноземлистых кислот). К этому классу относятся главные породообразующие минералы (полевые шпаты). Из силикатов часто встречаются роговая обманка, серпентинит, оливин и тальк;

- оксиды (кварц);
- карбонаты (кальцит, доломит, сидерит);
- сульфаты (ангидрит, гипс);
- фосфаты (апатит);
- сульфиды (пирит, халькопирит, галенит, сфалерит);
- галоиды (галит, сильвинит, карналлит).

Содержание главных минералов в земной коре характеризуется следующими ориентировочными цифрами (% по массе): силикаты – 75, оксиды – 17, карбонаты – 1,7, сульфиды – 0,4, галоиды – 0,5, самородные элементы – 0,1. Наиболее распространены полевые шпаты, составляющие по объему до 60% магматических и около 30% метаморфических пород. По своему строению они близки к кварцу. Во внутренней решетке этих минералов кроме кремнистых радикалов присутствуют и алюмоокислородные. Из других групп силикатов породообразующими являются мусковит (белая калиевая слюда), биотит (черная калиевая слюда), роговая обманка. Из оксидов наиболее распространен кварц, внутреннее строение которого имеет много общего с силикатами.

2.2. Горные породы, их классификация по генезису

Горные породы могут состоять из одного (мономинеральные) и нескольких (полиминеральные) минералов. Примером мономинеральной горной породы может служить мрамор, состоящий из минерала кальцита. К полиминеральной горной породе относится, например, гранит, в состав которого входят кварц, полевой шпат, слюда, реже роговая обманка.

Наука, занимающаяся изучением горных пород называется петрографией. В отличие от минералов, горные породы характеризуют по минеральному составу, цвету, структуре, текстуре и форме залегания.

Под структурой понимают форму, размеры и взаимоотношение минеральных зерен, слагающих горную породу, под текстурой – взаимоотношение отдельных минеральных скоплений или частиц

породы. Форма залегания есть форма того объема, который занимает горная порода.

Основные свойства и внешние признаки горной породы определяются в первую очередь условиями ее образования. Поэтому в петрографии принята классификация горных пород по их происхождению. Согласно этой классификации все горные породы, слагающие земную кору, подразделяются на магматические, осадочные и метаморфические.

Магматические горные породы представляют собой застывшую магму или лаву. Осадочными являются породы, возникшие в результате накопления различных осадков и дальнейшего их диагенетического преобразования. Метаморфическими называются породы, образовавшиеся из магматических и осадочных пород в результате их изменения в недрах земной коры под действием высоких температур и давлений.

Магматические и метаморфические породы плотные и имеют, как правило, кристаллическое строение. Залегают они в виде тел неправильной формы – батолитов, штоков и др.

Осадочные породы менее плотные, часто пористые. Они залегают обычно в виде пластов, толщи их носят слоистый характер. Наконец осадочные породы содержат ископаемые остатки организмов, а некоторые полностью состоят из раковин, тогда как магматические и метаморфические лишены их.

Основную массу земной коры (около 95%) составляют породы магматические (гранитный и базальтовый слои), оставшиеся 5% приходится на долю осадочных и метаморфических горных пород. Однако, поверхность Земли на 75% сложена осадочными породами и на 25% магматическими и метаморфическими породами. Преимущественно это щиты на континентах и срединно-океанические хребты, осадочные отложения в пределах которых практически полностью отсутствуют.

2.2.1. Магматические горные породы, общая характеристика. Формирование свойств.

Магматические породы, образовавшиеся в результате застывания магмы в глубинах Земли, называются глубинными или интрузивными. Из магмы (лавы) излившейся на поверхности континентов или дне океанов при остывании образуются излившиеся или эффузивные магматические горные породы. Породы,

образующиеся при интрузивном магматизме, в свою очередь подразделяются на две группы: абиссальные (собственно глубинные) и гипабиссальные (полуглубинные).

Существенными признаками различия этих групп пород служат их структура и текстура. Структура определяется степенью кристаллизации, размером, формой и способом срастания минералов, составляющих породу. Ввиду медленного застывания магмы при образовании интрузивных пород они имеют полнокристаллическую, равномернoзернистую структуру с полным развитием всех минералов, образующих породу.

Эффузивные породы, которые образовались в результате быстрого остывания лавы, изливающейся на поверхность земли (дне морей и океанов), имеют неполно кристаллическую или мелкозернистую структуру. В первом случае вместе с мелкими кристаллами в породе содержится аморфное вулканическое стекло. В некоторых случаях при застывании лавы кристаллизации не происходит и порода приобретает стекловатую структуру.

Гипабиссальные породы, образовавшиеся в толще земной коры на небольшой глубине, характеризуются порфировой или порфиroidной структурой, в которой крупные кристаллы одного минерала окружены скрытокристаллической массой других минералов.

Наиболее распространенные формы залегания интрузивных пород – батолиты, штоки, лакколиты, дайки и жилы (рисунок 2.1).

Батолиты – куполообразные тела огромных размеров, превышающие площадь 100 км^2 . Штоки имеют ту же форму, что и батолиты, но их площадь меньше 100 км^2 [2]. Лакколиты – магматические тела грибообразной формы, образующиеся при проникновении магмы в межпластовые трещины и выдавливания вверх вышележащих пластов. Дайки – линейно вытянутые вертикальные или крутопадающие магматические тела, образовавшиеся за счет заполнения магмой трещин, с относительно параллельными стенками. Мощность даек колеблется от нескольких миллиметров до нескольких километров. Жилы – неправильные по форме трещины, заполненные магматической породой.

Для эффузивных пород характерными формами залегания являются потоки, купола и покровы. Потоки представляют собой как бы застывшие лавовые реки, протяженностью до 80 км.

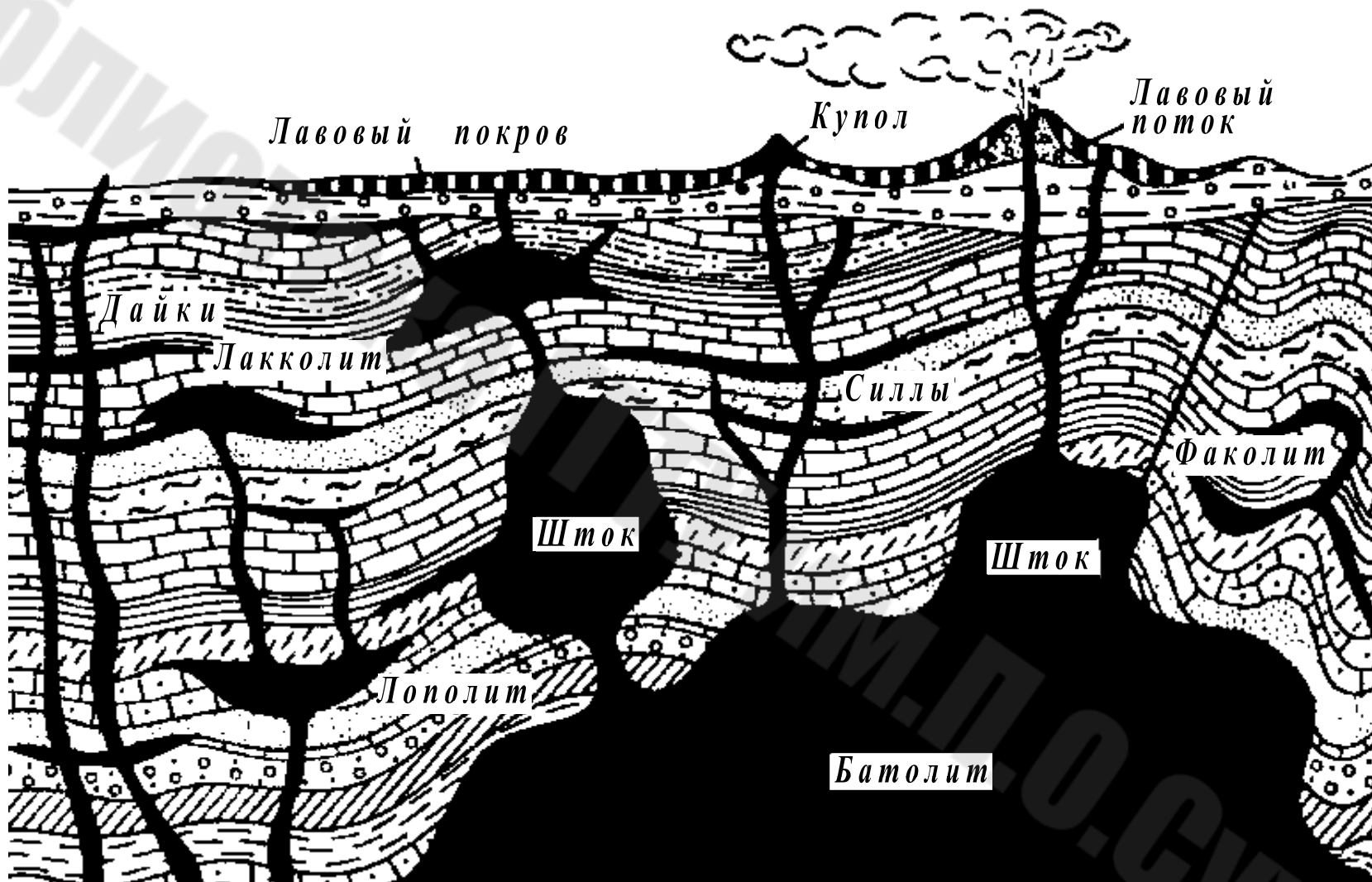


Рис.2.1. Основные формы залегания магматических пород

Купола – погребенные или современные конуса вулканов. Высота куполов бывает от сотен метров до первых тысяч метров (Эльбрус). Покровы – плащеобразные тела, образующиеся при заполнении лавой площадей в сотни и тысячи квадратных километров.

Магматические горные породы по химическому составу (в зависимости от содержания в них окиси кремния в виде кварца и других соединений) подразделяются на кислые с содержанием SiO_2 более 65%, средние от 65 до 52%, основные – 52 - 40% и ультраосновные – менее 40%.

Группу кислых пород составляют граниты (абиссальные), кварцевые порфиры (гипабиссальные), липариты (эффузивные) и ряд других пород. В их состав входят те же минералы, что и в граниты (полевые шпаты, кварц, слюда, роговая обманка). В средних породах кварц присутствует в небольших количествах (сиениты, сиенитовые порфиры, трахиты, диориты и др.). Средние породы окрашены в серые тона в связи с повышенным (до 20%) содержанием роговой обманки. Основные породы, подобно кислым породам, пользуются большим распространением в природе, слагают глубокие части дна океанов и некоторые океанические острова. В виде небольших интрузий они выходят на дневную поверхность континентов. Основной минеральный состав: плагиоклазы и пироксены, второстепенный – оливин, роговая обманка, биотит. Глубинные породы основного состава называют габбро, излившиеся – базальтами, диабазами. Ультраосновные породы встречаются довольно редко и образуют отдельные батолиты и штоки. Состоят они преимущественно из оливина и пироксенов. Это в основном интрузивные породы (дунит, пироксенит, перидотит). Эффузивные встречаются редко (кимберлит).

Строительные свойства магматических пород в большинстве хорошие, но во многом зависят от степени их выветрелости и трещиноватости.

2.2.2. Осадочные горные породы, их классификация по условиям образования. Условия залегания

Осадочные породы формируются из осадков, накапливающихся на суше и дне водоемов. Исходным материалом для их образования являются продукты разрушения горных пород различного происхождения. Процесс образования горных пород состоит из трех

этапов: разрушения ранее существовавших пород в результате их выветривания (гипергенез), перенос продуктов разрушения и их отложения в виде осадка (седиментогенез) и преобразования осадка в породу (диагенез). Главнейшими породообразующими минералами являются кварц, полевой шпат, кальцит, каолинит, гипс, слюда и др. Большую роль в образовании осадков играют остатки животного и растительного происхождения.

В зависимости от происхождения исходного осадка осадочные породы делят на четыре основные группы: обломочные, глинистые, химические (хемогенные) и органогенные или биогенные. Безусловно в природе встречаются и породы смешанного генезиса.

Обломочные породы образовались из обломков пород подвергшихся физическому разрушению, глинистые – в основном из продуктов химического разложения магматических пород, химические – из солей, выпавших в осадок при высыхании водоемов, органогенные – из остатков растительных и животных организмов. По условиям образования чистые глинистые породы занимают промежуточное положение между обломочными и хемогенными породами. Смешанное происхождение имеют осадочные породы, состоящие из обломочного и какого-либо другого материала (химического или органического происхождения).

По условиям формирования осадочные породы делят на морские и континентальные (речные, озерные, болотные, ледниковые и др.). Иногда в самостоятельную группу выделяют лагунные отложения.

Обломочные породы. Основным классификационным признаком этой группы пород является величина слагающих их частиц. По этому признаку выделяют псефиты, псамиты и алевролиты. Сцементированные окатанные частицы псефитов образуют конгломераты, цементация не окатанных крупных обломков приводит к образованию брекчий, а цементация гравия – к породе, называемой гравилитом (таблица 2.1)

Псамиты, или песчаные породы, могут быть мономинеральными (кварцевые, аркозовые) и полиминеральными. В зависимости от размера зерен песок бывает грубым (2 – 1 мм), крупным (1 – 0,5 мм), средним (0,5 – 0,25 мм), мелким (0,25 – 0,1 мм), и тонким (0,1 – 0,05 мм). Цементация песчинок различным цементом приводит к образованию песчаников соответствующей структуры (от грубозернистых до тонкозернистых). По однородности

гранулометрического состава они могут быть однородными и разнозернистыми.

Таблица 2.1

Классификация наиболее распространенных обломочных и глинистых пород

Структуры	Размер зерен, мм	Несцементированные			Сцементированные
		Несвязные		Связные	
		неокатанные	окатанные		
Грубообломочная (псефитовая)	>500–1000	Глыбы	Валуны	–	Брекчия и конгломерат
	100–40	Дресва	Галька	–	Брекчия и гравилит
	40–2	Щебень	Гравий	–	Брекчия и конгломерат
Среднеобломочная (псаммитовая)	2–0,05	Песок различной крупности		–	Песчаник
Мелкообломочная (алевритовая), пылеватая	0,05–0,005	–		Супесь Лёсс Алеврит	Алевролит
		–		Суглинок	
Тонкая (пелитовая)	0,005	–		Глина	Аргиллит Глинистый сланец

Алевриты занимают промежуточное положение между обломочными и глинистыми породами. Из алевритов наибольшее значение имеют лёсы. Сцементированные алевритовые частицы образуют достаточно прочную породу – алевролит.

Глинистые породы составляют около 60% общего объема осадочных пород. В зависимости от содержания коллоидно-дисперсных глинистых минералов и частиц с крупностью до 0,005 мм они подразделяются на глины (более 30%), суглинки (10 – 30%) и супеси (от 3 до 10%). В свою очередь, по этому же показателю глины делятся на тяжелые и средние, суглинки и супеси – на тяжелые, средние, легкие и пылеватые. По минеральному составу глины так же бывают мономинеральными и полиминеральными. Выделяют три основные группы глинистых минералов – каолинитовые, монтмориллонитовые и гидрослюдистые.

Химические (хемогенные) породы. К ним относятся прежде всего минеральные соли: галит (поваренная соль), гипс, сильвинит, бишофит, мирабилит и др. Процесс садки солей осуществляется в

основном в условиях жаркого сухого климата, когда влаги в водоем попадает меньше, чем ее испаряется. Типичным примером региона в котором в настоящее время происходят эти процессы может служить залив Кара-Богаз-Гол, расположенный в Туркменистане. Практически отделившийся от Каспийского моря бассейн содержит рассолы, концентрация минеральных солей в котором достигает 25 -30% (на порядок больше, чем в океане).

Органогенные породы. К этой группе пород относят породы состоящие из скоплений твердых скелетных остатков различных организмов. По химическому составу они могут быть карбонатными (известняки, мел, доломиты, ракушечник) и кремнистые (диатомит, трепел, опока, яшма). В особую подгруппу выделены горючие породы угольного ряда (торф, уголь, сапропель, горючие сланцы) и битумного ряда (озокерит, асфальт и т.д.).

Основными формами залегания осадочных пород являются пласт (слой), линза и прослойка. Слой (пласт) – это плитообразное тело, ограниченное приблизительно параллельными поверхностями, распространенное на большой территории. Линза – небольшой по площади распространения пласт, выклинивающийся по краям. Прослойка (пропласток) – тонкий пласт, залегающий в толще более мощных слоев. Для органогенных (рифогенных, водорослевых и т.д.) известняков и вторичных доломитов, образующих органогенные постройки, характерна массивная форма залегания в виде своеобразных куполов.

2.2.3. Метаморфические горные породы. Классификация метаморфических пород

Метаморфические породы образуются в результате изменения (обычно без расплавления) магматических, осадочных или более древних метаморфических пород под воздействием высоких температур, давления, а также горячих растворов и газов, выделяющихся из магматических очагов. Химический и минералогический составы горных пород, а также их свойства и внешний облик, возникающие в этих условиях, существенно меняются. Например, аморфный опал переходит в кварц, лимонит – в гематит или магнетит и т.д. Одновременно происходит перекристаллизация. Так, органогенный пористый известняк превращается в плотную кристаллическую породу – мрамор; рыхлый

песок или песчаник – в монолитный и прочный кристаллический кварцит; глины – в различные сланцы и т.д.

Метаморфизм может проявляться на огромных площадях (региональный метаморфизм), но может быть и ограниченным. Преобразование пород может происходить на контакте интрузии с боковыми породами (контактный метаморфизм); при воздействии горячих вод на породы, слагающие стенки трещин, по которым перемещаются водные растворы (гидротермальный метаморфизм); в результате действий огромных давлений, возникающих на глубинах или в зонах повышенных напряжений (динамометаморфизм).

Метаморфические породы характеризуются полнокристаллической структурой, различающейся формой, размером и расположением зерен. Важным признаком является текстура – сланцеватая, полосчатая, гнейсовая.

Сланцеватая текстура внешне похожа на слоистость, однако природа ее связана с действием ориентированного внешнего давления, обусловившего интенсивный рост кристаллов в направлении, перпендикулярном действующим силам. Сланцеватость особенно заметна в породах, сложенных удлинёнными минералами (филлиты; кристаллические, слюдяные, тальковые, хлоритовые сланцы).

Полосчатая текстура характеризуется наличием разноокрашенных полос, сложенных более или менее изометричными зёрнами.

Гнейсовидная текстура представляет собой частный случай полосчатой текстуры, когда игольчатые или чешуйчатые минералы располагаются практически параллельно (гнейсы).

Массивная текстура у пород метаморфического происхождения встречается реже (кварцит, мрамор).

В случае, если метаморфическая порода образовалась по магматическим породам к ее названию прибавляется приставка «орто» (ортогнейс, ортоамфиболит), а если исходная порода была осадочной – приставка «пара» (парагнейс, параамфиболит).

2.3. Трещиноватость пород и ее значение для строительства

Деформируемость, прочность, водопроницаемость и некоторые другие свойства твердых пород в значительной мере зависят от их трещиноватости. В том случае, когда трещины расположены в

определенном порядке, образуя ориентированную систему или системы трещиноватости, имеют дело с трещинной анизотропией пород. При беспорядочном развитии трещиноватости механические и водно-физические свойства породы будут примерно одинаковыми по всем направлениям.

В том и другом случае твердая горная порода в массиве представляется состоящей из отдельностей (блоков, кусков) различного очертания и размеров, которые выступают как элементарные объемы горной породы. По этой причине прочность твердой горной породы в массиве будет определяться размерами, формой, взаимным расположением таких отдельностей и силами сцепления и трения, действующими между ними. При этом прочность самих элементарных объемов (отдельностей) обычно значительно превышает прочность горной породы в массиве. Деформации твердых горных пород нередко совершаются в форме дифференцированных перемещений отдельностей относительно друг друга. Иногда общая картина пластического деформирования создается за счет микроскольжений по правильно ориентированной системе скрытой трещиноватости. В случае концентрации деформаций по одной из этих поверхностей развивается поверхность разрыва, вызывающая явления обрушения или сползания блоков и пачек массива. Этим и определяется столь важное значение, которое уделяется изучению трещиноватости пород в строительстве.

Выделяют следующие генетические типы трещин: петрогенетические, тектонические, экзогенно-гравитационные и искусственные /8/.

К петрогенетическим относятся трещины, образовавшиеся одновременно с породой в процессе застывания магматических расплавов и при литогенезе (превращении осадка в породу).

Тектонические трещины образуются под влиянием напряжений, возникающих при складчатых и разрывных нарушениях. В зависимости от направления приложения сил формируются два типа трещин – скалывания и отрыва. Они различаются по форме и морфологии поверхности. Трещины скалывания преимущественно прямолинейные со сглаженными поверхностями и зеркалами скольжения. Трещины отрыва неровные, часто зияющие.

К группе экзогенно-гравитационных деформаций относятся трещины разгрузки, выветривания, оползневые и другие, которые

связаны с ослаблением прочности пород в процессе увлажнения, фильтрационного выщелачивания и разрушения.

Искусственные трещины образуются при разрушении горных пород в процессе воздействия человека на геологическую среду (трещины буровзрывных работ и т. д.).

2.4. Инженерно-геологическая оценка генетических групп горных пород

Свойства горных пород, используемых в качестве оснований или среды для различных сооружений, называют инженерно-геологическими. Ввиду различий в происхождении горных пород их инженерно-геологические свойства неодинаковы, причем некоторые из этих свойств могут изменяться при возведении и эксплуатации сооружений.

Инженерно-геологические (строительные) свойства магматических пород в большинстве хорошие, но во многом зависят от степени их выветрелости и трещиноватости. Так, при застывании магмы или лавы появляются трещины, разделяющие массив магматической породы на характерные блоки, называемые отдельностями. Для интрузивных пород характерны отдельности матрацевидные, параллелипипедальные и пластовые. В эффузивных породах однородного состава отдельности возникают часто в виде вертикальных правильных столбов пяти и шестиугольного сечения.

При образовании горизонтальных трещин возникают плитняковые отдельности, при образовании сложной системы трещин – глыбовые и шаровые. Кроме того, заметное ухудшение строительных свойств магматических пород может быть связано с проявлением тектонической трещиноватости, а также с выветриванием, которое на отдельных участках может достигать десятков метров от поверхности.

Свойства осадочных пород в значительной степени определяются их минеральным составом, а также структурой и текстурой. Так, обломочные породы могут быть раздельнозернистыми и сцементированными. Несцементированные грубообломочные и песчаные породы характеризуются слабой сжимаемостью и высокой водоотдачей. Они водопроницаемы, причем водопроницаемость их тем выше, чем крупнее их гранулометрический состав и чем меньше примесь алевритовых и

глинистых фракций. Глинистые же породы практически непроницаемы и способны к набуханию.

Прочность цементированных пород (конгломераты, брекчии, песчаники, алевролиты) зависит от минерального состава цемента и степени заполнения им пор. Наибольшей механической прочностью и водостойкостью обладают кремнистый и железистый цементы, а наименьшей – глинистый. Промежуточное положение занимает карбонатный и сульфатный цемент.

Химические (хемогенные) породы обладают довольно высокой механической прочностью. Прежде всего это относится к известнякам и доломитам. Для остальных химических пород, особенно сульфатных и галогенных, характерна высокая растворимость в воде, что резко ухудшает их инженерно-геологические свойства.

Органогенные породы кремнистого (диатомиты, трепел, опока) или карбонатного состава (органогенные известняки, мел и др.), как правило обладают пониженной прочностью в связи с их высокой пористостью или слабой структурной кристаллизационной связью между агрегатами частиц, составляющих породу.

Строительные свойства метаморфических пород отличаются разнообразием. Временное сопротивление их сжатию изменяется в широких пределах. Сланцеватые породы анизотропны: они имеют пониженное сопротивление сжатию и сдвигу в направлении, параллельном плоскости сланцеватости. Кроме того, сланцеватость пород уменьшает их устойчивость против выветривания. Некоторые метаморфические породы, особенно подвергшиеся динамометаморфизму, характеризуются повышенной трещиноватостью. Инженерно-геологические свойства достаточно прочных кварцитов и мрамора также будут зависеть от их выветрелости и трещиноватости.

3. ВВЕДЕНИЕ В ИНЖЕНЕРНУЮ ГЕОЛОГИЮ. ГРУНТОВЕДЕНИЕ

Инженерная геология – наука изучающая земную кору как возможную среду инженерной деятельности человека. Она призвана выявить все условия, в которых происходит взаимодействие строящихся и построенных сооружений с окружающей их природной средой на всем пространстве, охваченном этим взаимодействием.

Современная инженерная геология как наука ставит перед собой три основные задачи: 1) изучение состава, строения, свойств и условий распространения горных пород (грунтов), определяющих их поведение при взаимодействии с инженерными сооружениями; 2) изучение геологических процессов, как природных, так и возникающих в связи с возведением и эксплуатацией зданий, сооружений и устройств, с целью установления характера этих процессов, их влияния на существование зданий и сооружений, а также разработка рекомендаций по регулированию этого влияния и охране окружающей среды; 3) установление закономерностей пространственного распространения инженерно-геологических условий /1/.

Выделяют следующие основные разделы инженерной геологии:

- Грунтоведение исследует свойства горных пород, определяющие их поведение в сфере воздействия инженерных работ и сооружений;

- Инженерная геология массивов пород изучает толщину горных пород как среду производства инженерных работ и размещения зданий и сооружений;

- Инженерная геодинамика рассматривает геологические процессы и инженерно-геологические явления, определяющие геодинамическую обстановку возведения и эксплуатации сооружений. В ней разрабатываются методы оценки геодинамических условий и прогноза их изменений под воздействием инженерных работ и сооружений;

- Предмет региональной инженерной геологии составляет установление инженерно-геологических условий возведения и эксплуатации различных зданий и сооружений в геологически обособленных областях (регионах);

- Горнопромышленная инженерная геология решает вопросы инженерно-геологического обеспечения при строительстве и эксплуатации горнодобывающих предприятий /8-12/.

Поскольку в строительной практике горные породы принято называть грунтами, начальный раздел инженерной геологии, разрешающий первую из вышеперечисленных задач, получил название грунтоведение. Грунтоведение изучает горные породы, почвы и искусственные грунты, которые рассматриваются как объект инженерной деятельности человека.

3.1. Понятие о грунтах. Классификация грунтов

Грунты – это любые горные породы и почвы, которые изучаются как многокомпонентные динамические системы с целью познания их как объекта инженерной деятельности человека /14/.

При изучении горных пород в инженерно-строительных целях на первый план выступает их сопротивление действующим механическим усилиям (нагрузкам от сооружений). Сопротивление внешней нагрузке в значительной мере зависит от характера и прочности связей между частицами. Выделяют следующие виды таких связей: 1) жесткие прочные не изменяющиеся при увлажнении породы; 2) жесткие прочные, ослабляющиеся при увлажнении; 3) подвижные водно-коллоидные, резко изменяющие свою прочность под влиянием увлажнения или осушения породы; 4) отсутствие связей; в этом случае взаимному перемещению частиц породы препятствуют только силы трения между ними.

В соответствии с этим все грунты делят на два основных класса: скальные и нескальные. К скальным относят горные породы с жесткими связями между частицами. В свою очередь эти связи могут быть кристаллизационными, возникающими в процессе формирования породы, и цементационными, образованные цементирующими растворами в процессе литогенеза. Вследствие этого к скальным грунтам относят магматические, метаморфические и сцементированные осадочные горные породы. У некоторых скальных грунтов по большей части осадочного происхождения кристаллизационные связи легко ослабляются при увлажнении и частично заменяются подвижными водно-коллоидными связями. Эту группу грунтов называют полускальными.

Нескальные горные породы, у которых между частицами существуют только подвижные водно-коллоидные связи, называют связными, а нескальные, не имеющие связей между частицами – несвязными или раздельно-зернистыми.

Инженерно-геологические свойства скальных и нескальных пород различны. Для объективного суждения о грунтах недостаточно сведений об их происхождении, минералогическом составе, структуре и текстуре. Поэтому разработана система физических и механических характеристик. Некоторые из этих характеристик применимы ко всем категориям грунтов, например объемная масса, плотность вещества (удельная масса), скважность, пористость и др. Большая часть

характеристик относится только к одной какой-либо группе грунтов. Используя такие характеристики предложено ряд общих инженерно-геологических классификаций грунтов (Ф.П. Саваренский, В.Д. Ломтадзе, Е.М. Сергеев, Н.Н. Маслов, П.Н. Панюков), а также специальные классификации, в которых с большей детальностью учитываются технологические факторы производства различных видов инженерно-геологических работ (М.М. Протодьяконов, Г.Л. Фесенко, В.В. Ржевский).

Для характеристики скальных грунтов часто применяются такие понятия как коэффициент размягчаемости и степени выветрелости. Под коэффициентом размягчаемости понимается отношение временных сопротивлений одноосному сжатию образцов скального грунта в воздушно-сухом и водонасыщенном состоянии. Степенью выветрелости называется отношение объемной массы образца выветрелого грунта к объемной массе невыветрелого образца того же грунта.

Более детальная характеристика существующих классификаций грунтов приводится в соответствующих справочных пособиях /15 и др./.

3.2. Типы скальных грунтов

Грунты с жесткими связями, как явствует из самого их названия, обладают прочными связями между зернами составляющих их минералов. Это твердые, компактные скальные и полускальные породы. Под действием внешних нагрузок от сооружений они ведут себя как твердые упругие тела, практически несжимаемые. При нарушении связи не восстанавливаются. В невыветрелом состоянии эти грунты способны выдерживать нагрузки от любых сооружений.

Класс скальных грунтов, как уже отмечалось, объединяет магматические, метаморфические и осадочные сцементированные горные породы.

Магматические породы. Эти породы являются продуктом остывания и кристаллизации магматических масс. Минералогический состав их, структуру, текстуру и прочность определяют условия застывания магмы и ее химический состав.

По условиям застывания магматические породы подразделяются на глубинные – интрузивные, застывшие на больших глубинах от поверхности земли и излившиеся – эффузивные, застывшие на ее

поверхности (см. разд. 2.2.1). Эти классы грунтов обычно заметно различаются по инженерно-геологическим свойствам. Глубинные породы характеризуются главным образом равномернозернистой, крупно и среднезернистой структурой, монолитностью, весьма малой пористостью. При отсутствии тектонической трещиноватости в неветреном состоянии они практически водонепроницаемы, обладают весьма высокой прочностью на раздавливание. Наибольшей прочностью обладают породы с мелкокристаллической равномернозернистой структурой, наименьшей – неравномернозернистой порфировидной структурой. При выветривании они теряют свою первоначальную прочность. Уменьшение прочности под влиянием выветривания зависит прежде всего от структурных особенностей. Наибольшему разрушению подвержены неравномернозернистые породы. Наиболее прочные породы с мелко- и скрытокристаллической структурой, полностью раскристаллизованные, без крупных вкраплений и стекла.

Глубинные породы характеризуются высокой однородностью свойств и могут служить надежным основанием для любых инженерных сооружений, поэтому при строительстве наземных гражданских и промышленных сооружений инженерно-геологическая сторона этих пород особых затруднений не вызывает. При строительстве туннелей, шахт и других подземных сооружений, а также при гидроэнергетическом строительстве основные исследования бывают направлены на изучение степени выветренности, трещиноватости и выявление зон тектонических нарушений в массивах этих пород.

Излившиеся породы отличаются большим разнообразием свойств. Эта группа магматических пород объединяет два основных типа грунтов: палеотипные (измененные), в высшей степени плотные, вязкие породы (диабазы, порфириды и др.), и кайнотипные (свежие, сохранившиеся), сильно пористые, «ноздреватые» и хрупкие породы (трахиты, пемза, андезиты и др.) /16/.

В структурном отношении излившиеся породы весьма разнообразны. Среди них встречаются всевозможные переходы от нераскристаллизованных аморфных вулканических стекол к микрозернистым кристаллическим и скрытокристаллическим разновидностям.

В текстурном отношении большинство эффузивов характеризуется различными и резко выраженными формами

отдельности. Наиболее типичны для эффузивов столбчатая, пластинчатая и шаровая текстуры.

Эффузивные породы, как и интрузивные, в невыветрелом состоянии являются надежным основанием для различных сооружений и могут выдерживать большие нагрузки. При оценке их инженерно-геологических свойств основное значение имеет трещиноватость и отдельность, обуславливающие высокую водопроницаемость, а также тектонические нарушения таких пород. Залегание молодых эффузивов в виде покровов среди осадочных, более слабых грунтов, значительно снижает их устойчивость в массиве, особенно при наклонном залегании.

Метаморфические породы также характеризуются значительным разнообразием инженерно-геологических свойств.

Метаморфизм магматических пород часто вызывает появление в них полосчатых и слоистых текстур, сланцеватости, повышает трещиноватость, увеличивает водопроницаемость и уменьшает устойчивость против морозного выветривания. Метаморфизм осадочных пород, прежде всего глинистых, приводит к обезвоживанию, уплотнению отложений, уменьшению пористости, увеличению их прочности, превращению их при высокой степени метаморфизации в скальные породы.

В большинстве своем метаморфические породы отличаются большой прочностью и однородностью инженерно-геологических свойств. Однако среди них встречаются разности, растворимые в воде (мрамор).

Слабометаморфизованные породы характеризуются сохранением формы залегания материнских пород и их структурно-текстурных особенностей. К этому типу пород относятся филлиты (глинисто-сланцевые и серицитовые сланцы) и разнообразные глинистые сланцы: глинистые, песчаные и др.

Прочность слабометаморфизованных пород в увлажненном состоянии значительно меньше, чем в сухом. Они относятся к размягчаемым породам, отличаются резкой неоднородностью физико-механических свойств в разных направлениях. Так, предел прочности на сжатие параллельно сланцеватости может быть в 5-10 раз меньше предела прочности в направлении, нормальном сланцеватости. Та же самая закономерность наблюдается и в отношении сопротивления сдвигающим усилиям и фильтрационным свойствам.

Осадочные породы объединяют разнообразные грунты. Две подгруппы осадочных грунтов весьма близки по своим свойствам к магматическим и метаморфическим горным породам. Это обломочные, химические и органогенные породы с жесткими связями между зернами (цементированные). К группе цементованных грунтов следует отнести также глинистые отвердевшие породы. От магматических и метаморфических пород они отличаются относительно меньшей прочностью и характером взаимодействия с водой. Некоторые из них под влиянием воды размягчаются, набухают или растворяются. В то же время осадочные грунты в целом отличаются повышенной устойчивостью против выветривания.

Подгруппа обломочных цементованных пород представлена брекчиями, конгломератами, песчаниками различной зернистости и с цементом различного состава (кремнистым, железистым, карбонатным, гипсовым, глинистым и др.).

Прочность обломочных цементованных пород определяется прочностью слагающих ее обломков (зерен), составом цемента и характером цементации. Породы с глинистым и гипсовым цементом размягчаются под действием воды, а некоторые разности при наличии в цементе легкорастворимых солей частично растворяются и теряют связи между зернами (обломками), превращаются в нецементированные породы.

Подгруппа химических и биохимических пород. К этой подгруппе относятся породы, которые образовались в морях и замкнутых бассейнах в результате выпадения из воды растворенных в ней веществ, а также жизнедеятельности различных организмов. Физико-механические свойства химических и биохимических пород очень пестрые и зависят от минералогического состава, плотности и зернистости. Очень важным показателем инженерно-геологических свойств этих пород является растворимость, что относится в основном к карбонатным (известняк, доломит, мел), сульфатным и галоидным (гипс, ангидрит, галит, сильвин) грунтам.

Весьма большое инженерно-геологическое значение имеет характер содержания солей в породах: рассеянное или в виде скоплений (прослой, небольшие линзы среди глин и других пород). В этом случае устойчивость сооружений, возводимых на соленосных породах, зависит от возможности растворения солей. Растворение приводит к образованию в породах карстовых пещер, полостей, пор и

других пустот, увеличивает водопроницаемость этих пород и снижает их прочность.

Подгруппа глинистых и пылеватых отвердевших грунтов. Грунты этой подгруппы обладают специфическими особенностями, благодаря которым они являются как бы переходными между классом пород с жесткими связями и классом пород без жестких связей. Глинистые и пылеватые отвердевшие породы часто обладают свойствами, характерными для обоих указанных классов. Например, обладая жесткими связями, они резко теряют свою прочность в воде, размягчаются, а некоторые их типы размокают в воде, что совершенно нехарактерно для скальных пород. В сухом состоянии они обладают относительно неплохой прочностью, практически несжимаемы, отличаются небольшой эффективной пористостью. К этой группе пород относят аргиллиты, алевролиты, мергелистые глины, кремнистые сланцы и др. В связи с такими свойствами эти грунты относятся к классу полускальных.

3.3. Нескальные грунты

К нескальным грунтам относится значительная часть дисперсных пород, отличающихся большим разнообразием состава и свойств. Они подразделяются на три группы: осадочные породы, почвы и искусственные грунты. Каждая из этих групп характеризуется своими особенностями и физико-механическими свойствами, определяемыми происхождением, минералогическим, гранулометрическим составом и другими факторами.

3.4. Классификация грунтов осадочного происхождения, основные определяющие признаки подгрупп и генетических типов

Группа осадочных нескальных грунтов включает две подгруппы: глинистые и пылеватые грунты и обломочные несцементированные породы.

Подгруппа глинистых и пылеватых пород. Глинистые и пылеватые грунты имеют большое практическое значение, так как они широко распространены в природе и часто служат объектом инженерно-геологического изучения для строительства различных сооружений. Они характеризуются большим разнообразием свойств.

Основной особенностью этой подгруппы грунтов является резкое изменение их свойств в зависимости от степени увлажнения. Так, в сухом состоянии глинистые и пылеватые грунты представляют собой твердые тела, обладающие довольно большой механической прочностью. При увлажнении их механическая прочность резко снижается, они становятся мягкими, пластичными, а при высокой степени увлажнения могут переходить в текучее состояние, т.е. приобретают свойства жидкого тела.

К глинистым грунтам обычно относят породы, в гранулометрическом составе которых существенную роль играют глинистые частицы с диаметром меньше 0,005 мм, состоящие из характерных вторичных глинистых минералов, образующихся в результате выветривания магматических, метаморфических и сцементированных осадочных пород.

Глинистые грунты практически водонепроницаемы или слабоводопроницаемы, в воде набухают и размокают, характеризуются специфическими водно-коллоидными связями, вследствие чего получили название связных пород.

Поведение глинистых и пылеватых грунтов под воздействием различных сооружений зависит от целого ряда факторов: степени выветрелости, степени влажности, текстурных особенностей, гранулометрического и минералогического состава, характера структуры, отношения к воде (способность к набуханию, размоканию, просадочности), степени уплотненности.

По степени уплотненности выделяют три типа рассматриваемых грунтов: сильно уплотненные, уплотненные и неуплотненные. Они объединяют различные виды пород: глины, суглинки и супеси с содержанием глинистых частиц соответственно более 30, 10-30 и 3-10%. Кроме вышеперечисленных пород к данной группе относятся леси. Для них характерна специфическая структура, обусловленная наличием макропор – вертикальных канальцев. Основная особенность лесовых пород – способность к самоуплотнению под влиянием увлажнения.

Глинистые сильно уплотненные породы это глины, суглинки и супеси сильно уплотненные в процессе диагенеза (гравитационное уплотнение) или под влиянием тектонических процессов. Сжатие таких пород происходит только при давлениях, превышающих 5 кг/см². При медленном сдвиге они деформируются как пластическое тело, а при быстром – как твердые тела (скалываются).

Глинистые уплотненные породы в зависимости от степени влажности могут находиться в твердом, пластичном и скрыто-пластичном состоянии, сжимаются даже под сравнительно небольшими давлениями – 0,5 – 1,0 кг/см². При взаимодействии с водой одни из них набухают, увеличиваясь в объеме (непросадочные), другие – уменьшаются, вызывая характерные деформации – просадки (лесовые породы). При медленном сдвиге деформации носят пластический характер (ползучесть).

Глинистые неуплотненные породы в зависимости от степени влажности и состояния структурных связей могут находиться в скрытотекучем и текучем состояниях или характеризоваться как просадочные. Породы этого типа сильно сжимаются и могут обладать тиксотропными свойствами. Водонасыщенные супеси могут переходить в пловунное состояние, образуя истинные пловуны.

Подгруппа нецементированных осадочных грунтов объединяет крупнообломочные породы – каменистые, валунные, гравийные, галечные, щебнистые и др., а также различные пески. Всю подгруппу делят на два подтипа – крупнообломочные и песчаные, которые в свою очередь делятся на подтипы, виды и разновидности по наличию заполнителя пор, величине и форме зерен и их генезису. Породы этой подгруппы характеризуются хорошей водопроницаемостью, которая возрастает по мере увеличения размеров обломков и степени их отсортированности. Они состоят главным образом из первичных минералов или из обломков различных горных пород с жесткими связями между зернами. Под нагрузками они сжимаются очень слабо, при этом сопротивление внешним усилиям не меняется от степени влажности. Внутреннее трение у них более значительное, чем у глинистых пород.

Крупнообломочные нецементированные грунты состоят из окатанных или неокатанных обломков пород, диаметром, превышающим 2 мм. По наличию и составу материала, заполняющего промежутки между зернами, их подразделяют на два подтипа. Заполнитель существенным образом влияет на свойство крупнообломочных пород: резко снижает водопроницаемость, уменьшает сопротивление сдвигу, повышает сжимаемость. Каждый из подтипов (с заполнителем или без заполнителя) делят на виды по размеру и форме обломков (см. таблицу 2.1). Разновидности выделяются по петрографическому составу обломочного материала и

заполнителя, например – галечник крупный, гранитного состава с супесчаным заполнителем.

Песчаные несцементированные грунты объединяют пески разнообразного состава с размерами частиц от 0,05 до 2,00 мм (см. разд. 2.2.2). Породы эти лишены связей, и лишь в тонкозернистых разностях при увлажнении появляется слабая связь между зернами, которая исчезает при высыхании песка.

Свойства песков зависят от минералогического и гранулометрического состава, формы зерен, наличия примеси глинистого материала и степени плотности естественного сложения.

Генетические типы грунтов осадочного происхождения определяют условия в которых они образовались (морские, континентальные и лагунные).

3.5. Почвы

Почвы выделяют в самостоятельную группу грунтов, они отличаются от любых других горных пород тем, что кроме минеральных частиц содержат сложное органическое вещество (до 20%) и различные живые организмы, являющиеся важнейшим фактором почвообразования.

Почвы служат полотном грунтовых дорог, нередко основанием для аэродромов и дорог с различными покрытиями, основанием фундаментов зданий и легких сооружений.

Почвы имеют различный гранулометрический состав. Как правило, они обладают более рыхлым сложением, чем породы, на которых они развиваются (материнские породы). Мощность почв обычно не превышает 2 метра и редко достигает 5 и более метров. Физико-технические свойства почв определяются их составом, макроструктурой, строением и степенью увлажнения. В ходе почвообразовательного процесса на однородной в генетическом отношении материнской породе образуется почва, расчленяющаяся на ряд генетических горизонтов, различных по составу и строению, а следовательно и по физико-техническим свойствам. Так, в верхнем горизонте происходят основные процессы накопления и разрушения органического вещества. Окрашен он в более темный цвет, чем нижележащие горизонты. В нем, как правило, отсутствуют легкорастворимые соли, которые из него вымываются. Нижняя часть

этого горизонта называется горизонтом вымывания или элювиальным горизонтом /15/.

Ниже залегает горизонт, называемый горизонтом вмывания или иллювиальным горизонтом. По окраске он напоминает материнскую породу. В этом горизонте накапливаются вещества, приносимые водой из перекрывающего верхнего горизонта. Он обычно более плотный, чем вышележащий горизонт. Здесь происходит накопление различных солей, а также минеральных и органических коллоидов.

Самый нижний почвенный горизонт представляет собой слабо затронутую почвообразовательным процессом материнскую породу.

Характер почвообразовательного процесса зависит от физико-географических, геологических и биологических факторов (характера пород, климата, геоморфологии, растительного покрова, глубины залегания грунтовых вод и др.), поэтому основные типы почв обнаруживают зональный характер распределения на земном шаре. Наряду с этим наблюдаются почвы, распределение которых на поверхности Земли не подчиняется закону зональности, поэтому все почвы в инженерно-геологической классификации подразделяют на две группы: зональные и интразональные.

Зональные почвы приурочены к различным физико-географическим зонам с характерной растительностью и особенностям климата. Выделяются следующие типы почв, сменяющие друг друга в направлении с севера на юг: тундровые, подзолистые и дерново-подзолистые, болотные, лесостепные черноземные, каштановые, бурые, сероземные и латеритные (красноземные), которые образуются в тропических условиях.

Интразональные почвы формируются под влиянием местных условий почвообразования. Они залегают обычно небольшими площадями среди зональных почв. К интразональным почвам относятся черноземовидные и засоленные почвы. Черноземовидные почвы содержат повышенное количество гумуса по сравнению с зональными почвами, среди которых они развиты. Засоленные почвы содержат большое количество легкорастворимых солей натрия. Они широко распространены в пустынях и полупустынях. В сухом состоянии засоленные почвы обладают значительной твердостью, во влажном «раскисают».

3.6. Искусственные грунты

К искусственным или антропогенным относятся грунты, образующиеся в результате многообразной хозяйственной деятельности человека: строительства различных сооружений, проведения мелиоративных мероприятий, работы промышленных предприятий, разработки месторождений полезных ископаемых и пр.

Искусственные грунты отличаются исключительной неоднородностью состава, различными условиями залегания, часто содержат много органических веществ и в большинстве случаев имеют рыхлое сложение. Дать какую-либо количественную характеристику их свойств не представляется возможным. В то же время в этой своеобразной группе грунтов можно выделить несколько подгрупп, отличающихся друг от друга условиями накопления.

Культурный слой, как уже отмечалось, образуется в результате разнообразной деятельности человека – мусор, строительные материалы, засыпанные мостовые, остатки разнообразных зданий, намывные грунты и т.д.

Искусственно улучшенные грунты включают горные породы, подвергшиеся искусственному воздействию в целях повышения их прочности, уменьшения водопроницаемости и др.

Искусственно ухудшенные грунты возникают в результате разрыхления, обводнения, нарушения структуры в результате хозяйственной деятельности человека (распахивания, подтопления водами водохранилищ и пр.).

3.7. Физико-механические свойства грунтов

Основными физико-механическими свойствами грунтов являются плотность, пористость, сжимаемость, сцепление и др.

Плотность и пористость породы является ее важнейшей физической характеристикой. Плотность породы ρ (г/см³) есть отношение массы породы включая массу воды в ее порах (m), к занимаемому этой породой объему (V)

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (3.1)$$

Плотностью частиц грунта называют отношение массы сухого грунта (исключая массу воды в его порах) к объему твердой части этого грунта.

Плотность скелета породы или плотность сухого грунта представляет собой отношение массы минеральных частиц породы при естественной структуре (исключая массу воды в ее порах) к занимаемому этой породой объему.

Пористость пород представляет собой пустоты или свободные промежутки между минеральными частицами, составляющими породу. Пористость (n) обычно выражают в виде процентного отношения объема пустот V_n к общему объему породы V

$$n = \left(\frac{V_n}{V} \right) 100, \% \quad (3.2)$$

Отношение объема пустот к объему твердых минеральных частиц породы называют приведенной пористостью или коэффициентом пористости.

Сжимаемость. Дисперсные породы под влиянием нагрузки деформируются, не подвергаясь разрушению. Свойства деформации характеризуются модулем деформации, коэффициентом Пуассона, коэффициентами сжимаемости и консолидации, модулями сдвига и объемного сжатия.

Сжатие песков происходит быстро и мало связано с их влажностью. Сопротивление пеков сжатию зависит от трения между частицами, возникающего при их перемещении. В отличие от песков сжимаемость глинистых пород зависит от их влажности, минералогического состава, характера структурных связей между частицами грунта и других факторов. Неравномерная сжимаемость грунтов в основании сооружений может быть причиной их неравномерной осадки и деформации.

Для определения сжимаемости глинистых пород в лаборатории проводят компрессионные испытания, подвергая образцы сжатию в специальных приборах, при разных нагрузках, в условиях, исключающих возможность бокового расширения грунта. Влага, содержащаяся в породе, выжимается через пористые поршни, расположенные под образцом и над ним.

По результатам испытания строят компрессионную кривую, характеризующую зависимость пористости породы от нагрузки. По графику находят коэффициент уплотнения, равный изменению коэффициента пористости при изменении нагрузки на 0,1 МПа.

Сопротивление пород сдвигу в песчаных породах обусловлено силами трения между частицами, в глинистых породах – силами

сцепления; силы сцепления, в свою очередь, обусловлены внутренними структурными связями.

Для определения сопротивления пород сдвигу применяют приборы различных конструкций. Срез проводят при разных нагрузках P , сдвигающее усилие τ фиксируют. Результаты опытов представляют в виде графика зависимости сопротивления грунтов сдвигу τ от вертикальной нагрузки P . График имеет вид прямой, для песков она проходит через начало координат, для глинистых пород – отсекает на оси ординат отрезок, равный силе сцепления. В этом случае уравнение прямой имеет вид

$$\tau = Pf + C \quad (3.3)$$

где f – коэффициент внутреннего трения

$$f = \operatorname{tg} \varphi \quad (3.4)$$

Величины φ и C являются параметрами зависимости сопротивления грунтов сдвигу, которые необходимы для инженерных расчетов прочности и устойчивости массивов грунтов.

В заключение отметим, что коэффициент и угол внутреннего трения, сцепление, коэффициент и угол сдвига, временное сопротивление сжатию характеризуют прочностные свойства пород. Показатели сжимаемости, набухания, размокаемости и усадки отражают деформативные свойства пород /11/.

4. ПРОЦЕССЫ ВНУТРЕННЕЙ ДИНАМИКИ ЗЕМЛИ (ЭНДОГЕННЫЕ ПРОЦЕССЫ)

В недрах и на поверхности Земли вследствие взаимодействия внутренних и внешних сил непрерывно протекают геологические процессы. Различают эндогенные (внутренней динамики) и экзогенные (внешней динамики) процессы. Эндогенные процессы обусловлены взаимодействием сил, возникающих внутри Земли, и мало зависят от внешнего влияния. С эндогенными процессами связаны образование основных элементов рельефа Земли (материки, горные сооружения, моря, океанические впадины), тектонические дислокации горных пород, магматические и вулканические явления, движения земной коры (в том числе землетрясения), а также метаморфизм горных пород.

4.1. Деформация горных пород. Природа тектонических движений

Земная кора постоянно испытывает движения, в одних местах поднимаясь, в других опускаясь. Отдельные ее участки смяты в складки, сдвинуты, наклонены, осложнены разрывами. Эти движения и формы залегания горных пород, связанные с деформацией и перемещением материала Земли под влиянием внутренних сил, в том числе тяжести, называют тектоническими, а наука, изучающая особенности строения и развития земной коры, получила название геотектоники.

В процессе проявления тектонических процессов в минералах и горных породах образуются деформации, т.е. изменение формы их залегания под влиянием внешних сил – напряжения, в результате чего происходит сжатие, растяжение, изгиб и другие изменения формы геологических тел.

Твердые тела обладают способностью деформироваться по-разному, что обусловлено их неодинаковой прочностью. Говоря о прочности, нужно установить, каким способом произошли деформация или разрушение тела: в результате растяжения, сжатия, сдвига или каким-либо иным. Способы разрушения служат указанием на характер деформации и соответственно на условия напряженного состояния горных пород.

Геологу чаще всего приходится иметь дело с неполным разрезом поверхностных частей земной коры, и он должен восполнить эти пропуски, пользуясь данными геотектоники. Геотектоника дает возможность предвидеть расположение горных пород на глубине под поверхностью земли, что имеет огромное значение при возведении различных инженерных сооружений, проходке горных выработок и т.д.

Движения и деформации земной коры влияют на залегание горных пород, поэтому в первую очередь геотектоника изучает формы залегания в земной коре самих горных пород, независимо от их внутренних (структурных) преобразований. Механические деформации могут привести к изменению расположения минералов внутри самой породы (например, под влиянием деформации минералы, расположенные ранее беспорядочно, могут приобрести упорядоченное ориентированное расположение). Эти явления также

изучаются, в том числе для установления природы тектонических движений.

Вопрос о природе тектонических движений один из наиболее сложных в геологии. По мере развития геологических знаний выдвигались различные гипотезы, в той или иной мере объясняющие причины возникновения тектонических движений. Все они могут быть распределены на три группы:

- основывающихся на кинематических признаках, т.е. на тех изменениях, которые возникают в результате замедления или ускорения вращения нашей планеты, вследствие колебания оси вращения Земли, приливо-отливных движений в магме под влиянием притяжения Луны или Солнца и других подобных явлений;

- связывающие движения земной коры с экзогенными процессами;

- признающие в качестве основного фактора геотектонических процессов изменения внутреннего состояния Земли.

Среди отечественных геологов наибольшей популярностью пользовались концепции В.А. Обручева и В.В. Белоусова. Гипотеза В.А. Обручева исходит из представления о развитии Земли в движении, в условиях борьбы сил сжатия и расширения, наиболее активно происходящих в антиклиналях. При этом выделяются два типа движений – колебательные и складчатые. Сжатие обуславливается потерей тепла, растяжение – дифференциацией магмы, переходом ее из твердого состояния в жидкое, уменьшением давления после прекращения сжатия и т.д. Расширение приводит к образованию мобильных поясов – геосинклиналей. В стабильных участках земная кора вспучивается и разбивается серией трещин. Сжатие вызывается тангенциальными движениями, приводящими в геосинклиналях к образованию складок с перерывами в этом процессе, необходимыми для накопления энергии.

По В.В. Белоусову основные процессы происходят в астеносфере – частично расплавленном слое верхней мантии над которым располагается литосфера. Легкие составные части астеносферы выплавляются и поднимаются к поверхности. Дифференциация в верхней части расплавленного слоя происходит быстрее и более интенсивно, чем в нижней части, так как вверху благодаря меньшему давлению вязкость вещества меньше. Потoki легкого вещества вверх и тяжелого – вниз вызывают на поверхности поднятия и опускания, характерные для геосинклиналей.

В последние годы получены новые данные, которые позволяют предположить существование движения крупных глыб земной коры вместе с верхней частью мантии. Согласно гипотезе глобальной тектоники литосферных плит в зонах срединно-океанических хребтов происходит раздвигание блоков литосферы, сопровождающееся формированием молодой океанической коры. Образование последней сопровождается поглощением блоков литосферы в других участках нашей планеты в результате поддвигания одного блока под другой и растворения его в верхней мантии.

Горизонтальные движения приводят к смятию слоев в складки, которое наиболее активно проявляется в зонах погружения океанической коры у края континентов (рисунок 4.1). Столкновение континентальных плит приводит к образованию наиболее высоких горных сооружений.



Рис.4.1. Механизмы процесса глобальной тектоники плит

4.2. Общие сведения о нарушениях в залегании горных пород

Основной формой залегания осадочных образований является слой или пласт. Слоем или пластом называется небольшое по мощности геологическое тело, сложенное однородной горной породой и ограниченное более или менее параллельными поверхностями. Нижнюю из этих поверхностей называют подошвой слоя (пласта), а верхнюю – кровлей. Всякое отклонение слоев от

первоначального горизонтального залегания называется дислокацией (нарушением).

Тектоническими дислокациями называют нарушения залегания пород, а также смятие и разрывы пластов этих пород, связанные с эндогенными процессами. Тектонические дислокации разделяются на две основные группы: складчатые (пликативные) и разрывные (дизъюнктивные). Складчатые дислокации не нарушают сплошности пород, разрывные – нарушают. Нередко наблюдаются постепенные переходы одной группы дислокаций в другую.

Из числа складчатых дислокаций наиболее простой является моноклираль, проявляющаяся в виде наклонного залегания пластов осадочных пород (рис. 4.2).

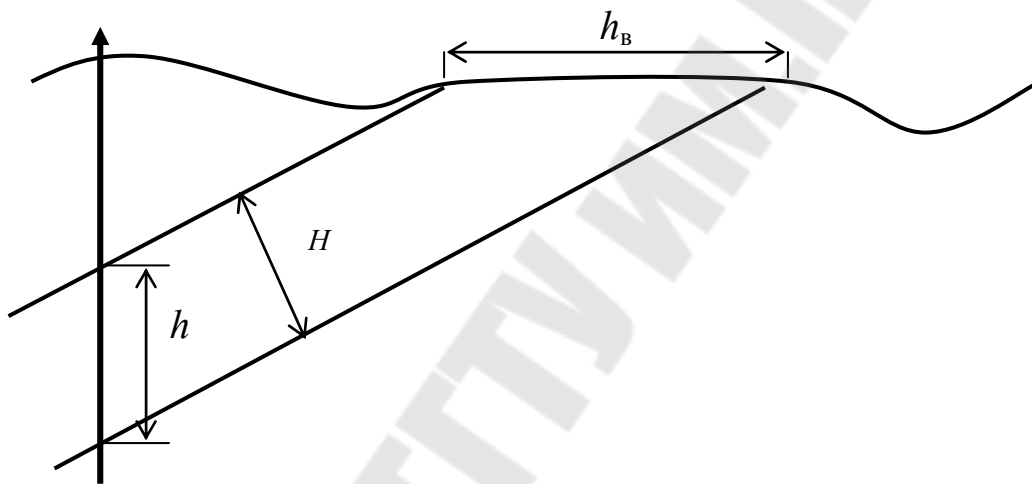


Рис. 4.2. Моноклираль. Видимая (h_B), вертикальная (h) и истинная (H) мощности пласта

Моноклиально залегающий пласт характеризуется горизонтальной, вертикальной, видимой и истинной мощностью. Истинная мощность это кратчайшее расстояние между подошвой и кровлей пласта, вертикальная и горизонтальная – соответственно расстояние между кровлей и подошвой, измеренное по вертикали и горизонтали. Видимая мощность – расстояние между плоскостями напластования по видимой поверхности обнажения пласта. Положение наклонного пласта в пространстве характеризуется углом падения пласта и азимутом линии простирания пласта, т.е. следа пересечения пласта горизонтальной плоскостью. Линия простирания перпендикулярна линии падения пласта.

Складками называются структурные формы с волнообразными изгибами слоев. Они бывают антиклинальные и синклинальные. В антиклинали перегиб пластов направлен выпуклостью вверх, а в синклинали – вниз. В антиклинали в центральной части изгиба пластов, называемой ядром, залегают наиболее древние пласты, а в синклинали – наиболее молодые. Боковые части складки называются крыльями, часть складки в которой сходятся крылья – замком или сводом, а линия, проходящая через точки максимального перегиба слоя в замке складки – шарниром. Поверхность, равноудаленная от обоих крыльев и проходящая через перегибы пластов, образующих складку, называется осевой. Линия ее пересечения с поверхностью земли называется осью складки (рис. 4.3).

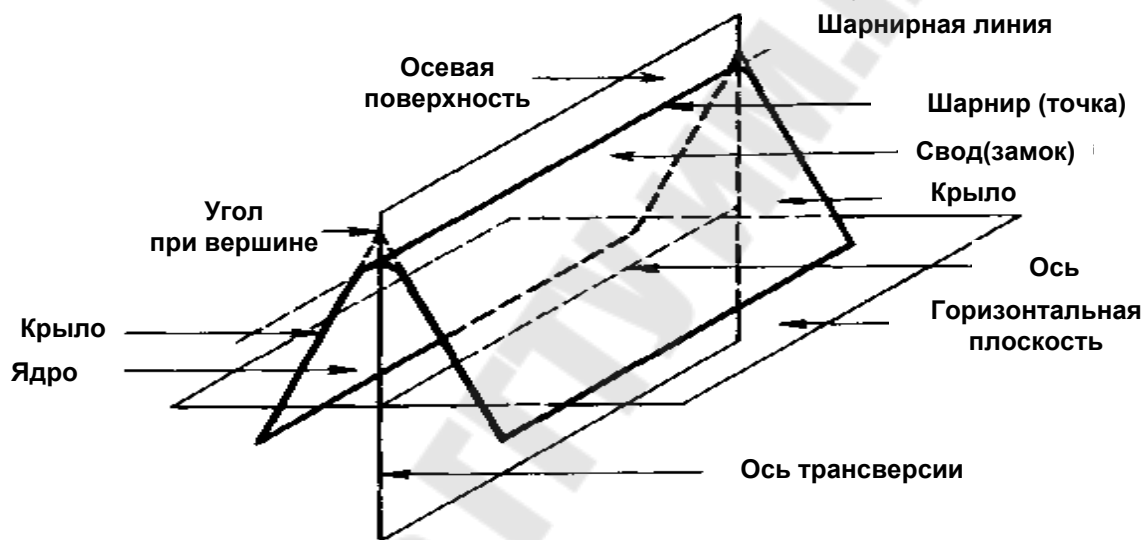


Рис.4.3. Элементы складки

Размеры складки характеризуются длиной, шириной и высотой. Длина складки измеряется вдоль осевой поверхности, а ширина – между крыльями. Высота складки определяется по вертикали между замком антиклинали и замком смежной с ней синклинали.

По отношению длины складки к ее ширине различают линейные, брахиформные и куполовидные складки. Линейными являются складки у которых это отношение более трех. При приблизительно равной ширине и длине – это куполовидные складки. Промежуточное положение занимают брахиформные складки (брахиантиклинали и брахисинклинали).

Существует несколько видов складок. У симметричных складок осевая поверхность вертикальная, а углы наклона крыльев

одинаковые. Ассиметричные складки имеют наклонные либо горизонтальные осевые поверхности, но разные углы наклона крыльев (наклонные, опрокинутые, лежащие, ныряющие).

Наклонные складки характеризуются падением крыльев в противоположном направлении под различными углами и наклонной осевой поверхностью. Опрокинутые складки имеют наклонную осевую поверхность и крылья, наклоненные в одну и ту же сторону. Лежащие складки обладают горизонтальной осевой поверхностью; в ныряющих осевая поверхность изогнута до обратного падения. Сундучные складки характеризуются плоским широким сводом и крутыми крыльями. Диапировые складки – это складки, ядро которых сложено соляным или глинистым телом, протыкающим изогнутые слои.

В результате тектонических движений горные породы могут быть разорваны и смещены относительно друг друга. Такие дислокации называются разрывными или дизъюнктивными. Смещение слоев происходит по поверхности, которую условно принимают за плоскость. Эта поверхность называется плоскостью смещения или сместителем, а разорванные и перемещенные участки слоев, примыкающие к сместителю – крыльями или блоками.

Различают поднятое и опущенное крыло, лежащее и висящее крыло (рис.4.4), а также амплитуду смещения (расстояние по вертикали между кровлей или подошвой пласта в одном крыле и соответственно в другом, смещенном крыле).

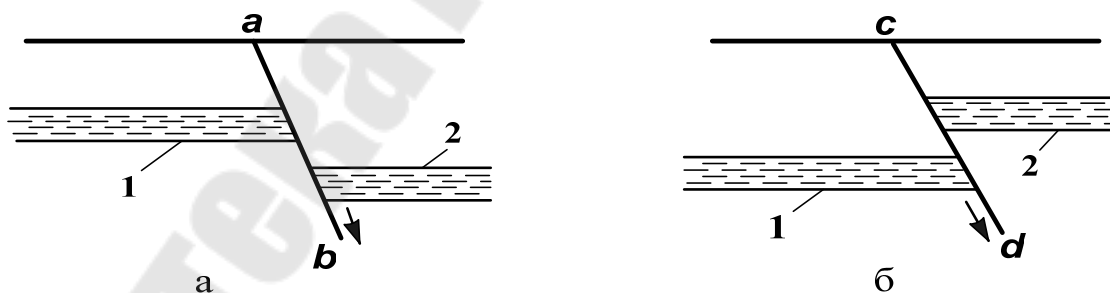


Рис.4.4. Схемы сброса (а) и взброса (б):
ab, cd – сместитель; 1, 2 — лежащее и висящее крылья

К основным дизъюнктивным дислокациям относят сбросы, взбросы, грабены, горсты, сдвиги и надвиги.

Сбросы – разрывные нарушения у которых сместитель наклонен в сторону опущенного крыла. Положение сместителя у сбросов может быть не только наклонным, но и вертикальным. Считают, что сбросы

образуются при растяжении участков земной коры. При сжатии коры образуется подобный тип нарушения, но с противоположным положением крыльев. Этот тип нарушений называют взбросами. У взбросов сместитель наклонен в сторону поднятого крыла и висячее крыло расположено выше лежащего (см. рис. 4.4).

При взбросах скважина, пересекая сместитель, повторно вскрывает отложения, которые ей уже были пройдены. Это отличает взбросы от сбросов, так как при сбросах, наоборот, из разреза скважины выпадает та или иная толща пород.

Надвиг морфологически напоминает взброс. Отличается он от последнего более пологим положением сместителя.

Сдвиг – тектоническое разрывное нарушение в котором крылья перемещены относительно друг друга в горизонтальной плоскости по простиранию сместителя.

В земной коре встречаются структуры комбинированного типа: сбросо-сдвиги и взбросо-сдвиги. Для этих структур характерно одновременное смещение блоков как в вертикальном, так и в горизонтальном направлениях.

Грабенами называют структуры, образованные сбросами или взбросами, центральные части которых опущены и сложены на поверхности более молодыми породами, чем породы в их краевых частях.

Горстами называют структуры, образованные разрывными смещениями, центральные части которых на поверхности сложены более древними породами, чем в краевых частях. Таким образом, в горстах, в отличие от грабенов, центральные части приподняты относительно периферических участков.

Нередко разрывные нарушения образуют системы сбросов или взбросов. Их называют ступенчатыми сбросами или взбросами и т.д.

Разлом – крупный разрыв в земной коре, прослеживающийся на большом расстоянии по протяженности. Наиболее крупные разрывные структуры земной коры называются глубинными разломами. Одни из них проходят через всю земную кору и уходят в верхнюю мантию, другие не выходят за пределы земной коры. Разделение земной коры глубинными разломами на глыбы играет очень значительную роль во всех внутренних геологических процессах.

4.3. Тектонические движения земной коры

Движения земной коры, приводящие к образованию и изменению различных тектонических структур, называют тектоническими движениями. Многообразие тектонических и структурных форм показывает, что тектонические движения также разнообразны. Одни приводят к деформированию крупных поднятий и прогибов, другие выражаются в смятии слоев в складки, третьи являются причиной образования разломов и разрывов.

По характеру проявлений тектонические движения делят на радиальные (вертикальные) и тангенциальные (горизонтальные), по скорости на плавные и резкие, по времени – медленные и быстрые, по длительности – постоянные и периодические, по времени проявления на древние, новейшие и современные.

Радиальные движения направлены вдоль радиусов Земли. Среди них выделяют движения колебательные, волновые и глыбовые. Колебательные движения охватывают большие площади, протекают плавно, постоянно и очень медленно, за что получили название – «вековых». Колебания носят пульсирующий характер, обусловленный импульсами сжатия и расширения вещества коры и мантии. Сжатие способствует опусканию земной поверхности, расширение – ее поднятию. Таким образом, пульсирующая деятельность колебательных движений заключается в периодической смене поднятия погружениями и наоборот. Наблюдения за колебательными движениями суши показали, что она обладает общей тенденцией к поднятию, в то время как океаническое дно проявляет склонность к погружению. Эти особенности позволили выделить движения эпейрогенические (рождающие континенты) и талассогенические (рождающие океаны).

Колебательные движения являются одной из наиболее распространенных форм проявления тектонических движений. Их можно установить в любой точке земного шара. Распространяясь волнами по телу Земли, колебания вызывают поднятия или опускания тех или иных участков земной поверхности. Охватывая часть суши и примыкающую к ней область морского дна, поднятия вызывают отступление моря и обнажение ранее скрытых под водой участков дна. Отступление моря, связанное с поднятием земной коры, получило название регрессии моря. При погружении происходит обратное явление – море начинает наступать на сушу. Наступление

моря на сушу, связанное с погружением последней, называется трансгрессией.

Поднятия и опускания оказывают особое влияние на эксплуатацию сооружений, имеющих прежде всего линейную форму (например каналы, железные дороги, трубопроводы и т.д.), поэтому малейшие их проявления должны быть учтены при строительстве.

Современные наиболее активные волновые колебания распространены у берегов Скандинавии, поверхность которой поднимается, и в Голландии, где жители вынуждены строить плотины, защищающие их от наступления моря на опускающуюся сушу. Высота дамб в настоящее время здесь достигает 15 м и более. Скорость поднятия или погружения позволяют определить метки, устанавливаемые на берегу морей. Колебания оказываются неравномерными – от долей миллиметра до нескольких сантиметров в год.

Изучение геологического строения осадочных отложений суши практически во всех регионах мира показало на чередование морских и континентальных отложений. Это объясняется периодическими высотными изменениями этих территорий относительно уровня моря в геологическом прошлом. В данном случае трансгрессии сопровождаются накоплением морских осадков (с остатками морских организмов), а регрессии – процессами денудации, т.е. разрушения и сноса горных пород. Продукты этого разрушения в основном сносятся в море, а небольшая их часть образует континентальные породы в понижениях континента (озерах, болотах, реках). Таким образом, периоду регрессии обычно соответствует перерыв в накоплении морских осадков. Изучив условия залегания морских и континентальных осадков и установив их относительный возраст, можно судить о том, как размещались на Земле в прежние геологические эпохи моря и материка и составить карты их очертаний.

Волновые движения являются следствием колебательных движений. Локализуясь в отдельных участках земной коры, волны вызывают образование прогибов, котловин и др. структур. Колебательные и волновые движения деформируют земную кору, вызывая изгиб пластов горных пород. В отличие от них глыбовые движения сопровождаются образованием глубинных трещин, разделяющих участки земной коры на блоки или глыбы. Глыбовые движения периодически, кратковременны, ограничены по площади

распространения и проявляются лишь на участках активных тектонических движений.

Тангенциальные движения имеют горизонтальную направленность. Среди них выделяют вращательные, складкообразовательные и сдвиговые движения. Сферой действия вращательных движений являются границы физически разнородных геосфер: коры и мантии, базальтовой и гранитной оболочек Земли. Свое название «вращательные» они получили за то, что возникновение их связано с силами вращения Земли.

Совершенно иные причины вызывают складкообразовательные, или орогенические (рождающие горы) движения. Боковое сжатие, вызываемое смещением пластических масс, приводит к смятию пластов в складки и образованию разрывных нарушений. В результате поднятия участков земной коры и складкообразования происходит образование горных сооружений.

Движения сдвигового типа, также как и складчатые, во многом определяются радиальным движением земной коры и являются их производными. Они проявляются вдоль границ воздымающихся или опускающихся блоков земной коры и сопровождаются разрывами и смятием слоев.

Рассмотренные выше типы тектонических движений тесно связаны между собой и взаимно обуславливают друг друга. Как показывает анализ изучения земной коры, тектонические движения деформировали кристаллическую и осадочную оболочки Земли на протяжении всей ее геологической истории.

4.4. Землетрясения, их воздействие на горные породы и сооружения. Сейсмическое районирование территории.

Землетрясения – это особый вид движения земной коры. Они выражаются в волновых упругих колебаниях и вызывают устойчивые деформации земной коры. По своей природе они могут быть эндогенными и экзогенными. К эндогенным относят вулканические и тектонические землетрясения, к экзогенным обвалы и техногенные.

Подавляющее число землетрясений связано с разрядкой внутренних напряжений, возникающих в недрах Земли. Это самые грозные и разрушительные тектонические землетрясения. Они происходят почти непрерывно. Возникновению любого

тектонического землетрясения предшествует накопление в том или ином участке земной коры или мантии тектонических напряжений.

В определенный момент, когда внутренние силы участка земной коры становятся настолько большими, что породы не в состоянии их выдержать, на глубине происходит их разрыв, сопровождающийся образованием многочисленных малых и больших трещин, часть из которых нередко достигает поверхности земли. Момент разрыва и скачкообразных смещений сторон трещин отдается на поверхности земли подземными толчками. Каждый толчок передает в окружающие породы сейсмические упругие, затухающие колебания в виде продольных, поперечных и поверхностных волн. Наибольшей силы сейсмические волны достигают в области разгрузки тектонических напряжений. Эту область называют сейсмическим очагом.

В строении сейсмического очага различают глубинную зону зарождения землетрясения, или гипоцентр, и область наибольшей силы ударной волны на поверхности, или эпицентр. В пространстве эпицентр является проекцией гипоцентра на поверхность земли. Расстояние от эпицентра до гипоцентра называют глубиной сейсмического очага которая может достигать 800 км.

Кроме землетрясений тектонической природы существуют вулканические, обвальные и техногенные землетрясения.

Обвальные землетрясения обычно проявляются в горных районах и связаны с обвалами больших масс горных пород. Большого ущерба для населения этот тип землетрясения не причиняет.

Вулканические землетрясения возникают лишь в зоне действующих вулканов. Они связаны с прорывами газов и лавы в проводящем канале вулканов и являются предвестниками извержений. Вулканические землетрясения бывают сильными и могут вызвать разрушения в зоне, прилегающей к действующему вулкану.

Кроме природных причин землетрясения могут быть вызваны инженерной деятельностью человека. Ядерные и обычные подземные взрывы, быстрое заполнение горных ущелий водой при создании глубоких водохранилищ – все это может стать причиной землетрясения. Землетрясения, возникающие в результате деятельности людей, называют техногенными.

Самыми грозными и разрушительными являются тектонические землетрясения. Для населения земного шара они являются стихийным

бедствием, влекущим за собой разрушение городов и сел, вызывающим жертвы среди населения.

Энергию землетрясения измеряют приборы, установленные на сейсмических станциях. Энергия определяется на единицу площади и выражается в единицах работы – эргах. Более удобной формой для выражения величины энергии является условная характеристика, называемая магнитудой. Магнитуда (M) есть логарифм отношения амплитуды (A) землетрясения к амплитуде стандартного землетрясения ($A_{ст}$):

$$M = \lg \frac{A}{A_{ст}} \quad (4.1)$$

Девятиградусная шкала магнитуд разработана Б. Гутенбергом и Ч. Рихтером. В соответствии с ней при землетрясении с магнитудой, равной 1, высвобождается энергия 10^{10} эрг, с магнитудой 9 - 10^{26} эрг.

Силу и интенсивность землетрясения выражают в баллах. Если для определения магнитуды достаточно показаний приборов, то для установления бальности землетрясения используют данные о повреждениях зданий и сооружений, характер поведения людей, животных и другие признаки. В разных странах мира для определения интенсивности землетрясения используют свои шкалы бальности. В Японии принята семибальная шкала, в европейских странах, США и странах бывшего СССР – 12 бальные шкалы. Так, согласно международной сейсмической шкалы, интенсивность землетрясения в 1 балл регистрируется только отдельными сейсмографами. Семибальное землетрясение вызывает повреждение зданий, в ряде случаев возникают или пропадают существующие источники, наблюдаются отдельные случаи возникновения оползней. При десятибальных землетрясениях наблюдается всеобщее разрушение зданий, опасные повреждения плотин, дамб, мостов, дорог, возможны образование трещин, шириной до 1м, оползней, возникновение новых озер. При двенадцатибальных землетрясениях происходит радикальное изменение земной поверхности.

Действие землетрясений на здания и сооружения вызывает необходимость учитывать их при проектировании и строительстве. С этой целью проведено сейсмическое районирование территории Советского Союза, которым пользуются до настоящего времени во всех его бывших республиках (рис. 4.5).

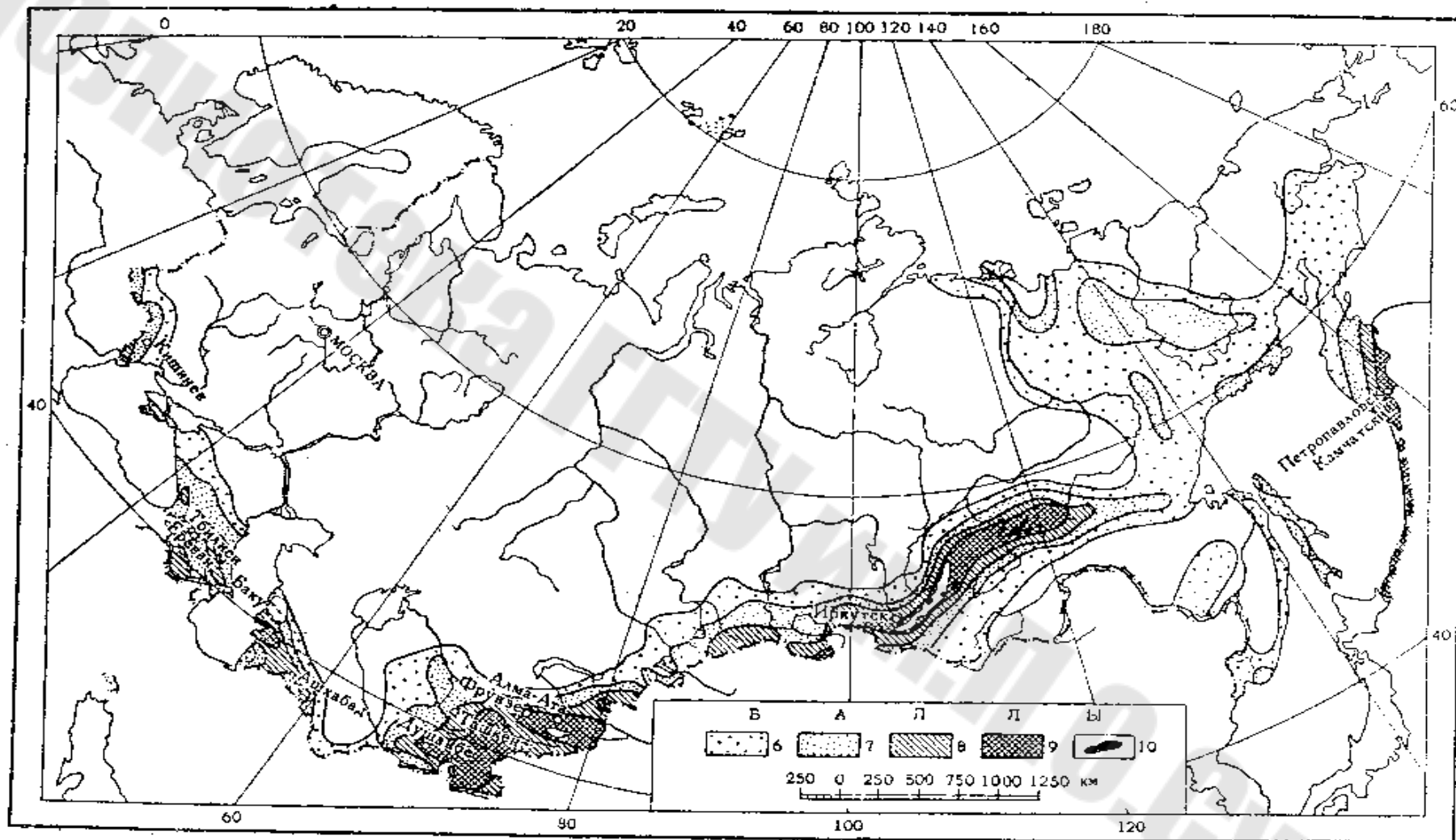


Рис.4.5. Карта сейсмического районирования территории бывшего СССР

Пользуясь этой картой необходимо учитывать, что указанная сейсмическая активность относится к участкам со средними грунтовыми условиями, характеризующимися песчано-глинистыми отложениями и низким уровнем грунтовых вод (более 6 метров).

В условиях конкретного проектирования расчетная бальность строительной площадки должна быть уточнена в зависимости от слагающих ее грунтов и уровня грунтовых вод.

Практически воздействие землетрясений на здания и сооружение учитывается при бальности 7 и более. Возможность проявления землетрясений с бальностью от 1 до 6 включительно в строительном проектировании не учитывается /1/.

5. ПОДЗЕМНЫЕ ВОДЫ

Вода на нашей планете представлена подземными и поверхностными водами. В отличие от поверхностных вод, подземные воды располагаются ниже поверхности суши и заполняют поры, трещины и другие полости в горных породах. Атмосферная вода и поверхностные воды, просачиваясь в землю, распределяются в ней соответственно геологическим условиям: структуре земной коры, водопроницаемости горных пород, температуре, образуя таким образом в верхней части земной коры подземные воды. Кроме атмосферных в земной коре имеются воды глубинного происхождения. Изучением подземных вод занимается наука о подземных водах – гидрогеология.

5.1. Основы гидрогеологии. Общие сведения о подземных водах. Гидрогеология как наука

Подземные и поверхностные воды образуют неразрывную единую оболочку Земли – гидросферу. По данным академика А.П. Виноградова, содержание воды в земной коре достигает 7% от веса самой коры, в магме ее в несколько раз больше. В гидросфере 1400 млн. км³ воды. Около 7% из них, по данным И.А. Плотникова, принадлежит подземным водам.

Вода в земной коре находится в трех физических состояниях: парообразном, жидком и твердом. По отношению к горным породам вода, содержащаяся в земной коре, может быть подразделена на связанную (физически и химически), свободную и твердой фазы.

Под связанной водой следует понимать воду кристаллогидратов, находящуюся под действием молекулярных сил твердой и жидкой фаз. Как правило, ее подразделяют на прочносвязанную, химически-связанную, и рыхлосвязанную. Минералогический состав горных пород резко влияет как на количество, так и на качество связанной воды в породе. Она удерживается в них молекулярными силами, которые по своим размерам превосходят гравитационные. В глинистых породах этот вид воды обычно составляет до 20-25%. При их уплотнении происходит отжатие воды, которая пополняет ресурсы водоносных горизонтов.

Связанная вода преобладает в зоне аэрации и уступает гравитационной в зоне насыщения. При повышении температуры и давления она переходит в жидкое и парообразное состояние. Связанная вода имеет очень большое значение при изучении минералого-петрографического состава и инженерно-технических свойств горных пород, а также миграции различных элементов.

Под свободной водой понимают воду, которая передвигается в порах, трещинах и пустотах породы под влиянием силы тяжести и извлекается из водоносных горизонтов современными техническими средствами. Это свободные гравитационные и капельножидкие воды, скапливающиеся в породах и движущиеся в водоносных горизонтах. Они служат источником водоснабжения или сырьем для добычи йода, брома и других элементов. Подземные воды нередко выступают и как отрицательный фактор, нанося вред хозяйственной деятельности человека.

Вода в твердой фазе характерна для мерзлой зоны литосферы. Изменение температуры в мерзлых грунтах сопровождается фазовым перераспределением подземных вод.

Обладая различной степенью минерализации, подземные воды являются средой для разнообразных химических реакций. Растворяющая способность подземных вод обуславливает разрушение горных пород, их перенос и концентрацию с образованием месторождений различных полезных ископаемых: железа, полиметаллов, марганца, карбонатов и т.д.

Подземные воды активно участвуют в магматогенных и пневматолитических реакциях, протекающих в глубинных частях земной коры, а также в образовании гидротермальных месторождений, метаморфизме горных пород и метасоматических процессах.

Гидрогеология – наука о взаимодействии подземной воды с твердым и газообразным веществом Земли. Она изучает подземные воды в жидкой, твердой и парообразной формах, их физические свойства, происхождение, залегание, распространение, передвижения и ресурсы, химический состав и взаимосвязь с внешней и внутренней оболочками Земли.

Самостоятельными разделами и научными направлениями гидрогеологии являются:

- общая гидрогеология – рассматривает происхождение, размещение, движение подземных вод и процессы их взаимодействия с поверхностными водами и горными породами;

- гидрогеохимия – занимается изучением формирования химического состава подземных вод различного происхождения;

- динамика подземных вод – исследует закономерности движения подземных вод в горных породах в естественных условиях и под действием различных сооружений;

- региональная гидрогеология – изучает закономерности условий залегания, распространения и формирования подземных вод отдельных регионов, разрабатывает принципы гидрогеологического районирования и картирования;

- криогидрогеология – изучает подземные воды в районах залегания вечной мерзлоты;

- горнопромышленная гидрогеология – рассматривает подземные воды в связи с освоением месторождений твердых полезных ископаемых для обоснования инженерных мероприятий по предупреждению вредного влияния подземных вод на функционирование объектов горного производства;

- нефтегазовая гидрогеология – изучает подземные воды нефтяных и газовых месторождений, нефтегазоносных горизонтов и комплексов в нефтегазопоисковых целях, при анализе и контроле разработки месторождений углеводородов, в целях охраны подземных вод /7-10/.

Некоторые исследователи к самостоятельным разделам гидрогеологии относят также учение о режиме и балансе подземных вод, методах гидрогеологических исследований, мелиоративную гидрогеологию /11/.

5.2. Химический состав, формирование и классификация подземных вод

Подземные воды имеют весьма разнообразный химический состав. В подземных водах находятся растворенные вещества, диссоциированные на ионы, коллоидные частицы, газы, микроорганизмы. Эти компоненты поступают в воды из горных пород, атмосферы и с поверхностными водами. Воду считают универсальным растворителем. По-видимому в природных водах содержатся все элементы периодической системы Менделеева, но к настоящему времени их обнаружено немногим более 60 элементов.

Химический состав воды устанавливают путем анализа проб, отобранных из скважин, колодцев и родников. Тип химического состава подземных вод зависит от содержания ионов кальция, магния, натрия, хлора, сульфат- и гидрокарбонат- ионов. Кроме содержания этих ионов и массовой концентрации сухого остатка в воде, при анализе определяют водородный показатель, ее жесткость, агрессивность, а в некоторых случаях – содержание железа, коллоидов, газов, микрокомпонентов, органических веществ, бактериологический состав и т.д.

Общая минерализация воды – это сумма растворенных в ней элементов. Она также может оцениваться по сухому остатку, выраженному в г/л или мг/л, который получается после выпаривания воды и высушивания солей при 110°C. По величине общей минерализации подземные воды делятся на пресные (с сухим остатком до 1 г/л), слабосоленые (1 -5 г/л), солоноватые (5 – 10 г/л), соленые (10 -50 г/л), и рассолы (50 – 650 г/л). Общая минерализация является одним из основных показателей при оценке качества воды. Практически при общей минерализации более 2-3 г/л вода считается непригодной для питьевых целей.

Реакция воды – это концентрация водородных ионов, для выражения которой принято пользоваться логарифмом их концентраций, взятых с обратным знаком: $pH = -\lg(H^+)$. При pH меньше 7 вода кислая, при pH больше 7 – щелочная. В нейтральной воде $pH=7$.

Жесткость воды обусловлена концентрацией ионов кальция и магния.

Существует несколько форм выражения анализа воды: ионная (или массовая), эквивалентная и процент-эквивалентная.

При ионной форме содержание ионов приводят в граммах или миллиграммах на литр (г/л, мг/л).

Эквивалентная форма позволяет судить о возможных сочетаниях катионов и анионов. Чтобы выразить содержание иона в данной форме, необходимо массовое содержание (мг/л) этого иона разделить на его эквивалентную массу или умножить на пересчетный коэффициент – величину обратную эквивалентной массе. Окончательный результат выражают в миллиграмм-эквивалентах на литр (мг-экв/л). Суммы эквивалентных единиц катионов и анионов равны, так как они вступают во взаимосвязь в соответствии со своими эквивалентными массами.

При процентно-эквивалентной форме содержание ионов, взятое в эквивалентах, выражают в процентах от суммы катионов или анионов, принимаемых каждая за 100 или 50%. Эта форма удобна для сопоставления вод различной минерализации и выявления соотношения соответствующих ионов.

Наглядной формой записи результатов анализа является формула Курлова. В этой формуле слева от дроби указывают общую минерализацию в г/л с индексом М, в числителе содержание анионов как правило в %-экв. в убывающем порядке, в знаменателе главные катионы в том же порядке. Например:

$$M_{5,6} \frac{SO_4 67 HCO_3 33}{(Na + K) 80 Mg 20} \quad (5.1)$$

Существует множество классификаций подземных вод по их химическому составу. Наиболее простой является классификация, основанная на учете преобладающих ионов. В вышеприведенном примере эти воды по такой классификации будут называться сульфатно-натриевыми.

Химический состав подземных вод в определенной степени коррелируется с их общей минерализацией. Так, пресные воды обычно имеют гидрокарбонатный состав, слабосоленоватые – гидрокарбонатно-сульфатные, сильносоленоватые – сульфатные или хлоридно-сульфатные, соленые – сульфатно-хлоридные, сильно соленые и рассолы – преимущественно хлоридного состава.

Химический состав подземных вод, особенно грунтовых, изменчив во времени. Результаты определения его графически изображают в виде гидрохимических карт, профилей, графиков и т.д.,

характеризующих минерализацию воды, содержание отдельных ионов, типы вод и т.д.

По происхождению подземные воды делятся на инфильтрационные, конденсационные, седиментационные и воды магматического и метаморфического происхождения.

Инфильтрационные (вадозные) воды образуются в результате просачивания с поверхности земли осадков и поверхностных вод в пустоты горных пород. Эта группа составляет основную часть подземных вод, содержащихся в верхних частях земной коры.

Конденсационные воды образуются при конденсации водяного пара, перемещающегося под влиянием разности упругостей его из атмосферы в горные породы или внутри горных пород – от одного участка к другому. Конденсационное питание подземных вод недостаточно изучено. В некоторых физико-географических условиях, например в высокогорных районах, оно имеет существенное значение, но по сравнению с фильтрационным питанием незначительно.

Седиментационные воды образуются за счет вод водоемов, в которых происходило накопление осадочных пород. Это погребенные воды, сохранившиеся в глубоких частях гидрогеологических и нефтегазоносных структур, обычно отличаются высокой минерализацией и представляют интерес для химической промышленности и как лечебные минеральные воды.

Воды магматического и метаморфического происхождения образуются при извержении и застывании магмы, а также выделяются при метаморфизации минералов и горных пород. Как правило это воды поступающие из больших глубин в виде пара-газовых смесей по зонам разрывных нарушений. Часто их называют ювенильными. В чистом виде они по-видимому никогда не встречаются, т.к. проникая из больших глубин смешиваются с водами верхних горизонтов (инфильтрационными, седиментационными). На данной стадии развития Земли они не играют заметной роли в общем балансе подземных вод. Однако можно полагать, что на ранних этапах развития Земли они сыграли основную роль при формировании гидросферы, в т.ч. морей и океанов.

Единой общепринятой классификации подземных вод в настоящее время нет. Различные исследователи подразделяют их по разным признакам: например по условиям залегания, характеру напора, химическому составу и т.д. По условиям залегания и

характеру напора большинство исследователей выделяют три основные типы подземных вод: верховодку, грунтовые и артезианские. Некоторые авторы выделяют особые типы подземных вод: почвенные, трещинные и карстовые воды, а также подземные воды вечной мерзлоты.

Воды зоны аэрации – это воды, залегающие выше зоны насыщения горных пород. Кроме парообразной, физически связанной и капиллярной воды к ним относятся почвенные воды, приуроченные к почвенному слою и верховодка.

Почвенные воды залегают непосредственно у поверхности земли. Они не имеют водоупорного ложа и как бы подвешены в порах почвы, что происходит вследствие капиллярных явлений. Свободные почвенные воды встречаются редко, в связи с сезонным увлажнением или в тех случаях, когда вследствие высокого стояния грунтовых вод происходит заболачивание почвы. В остальных случаях излишек почвенных вод не удерживаемых капиллярными силами просачивается к водопроницаемому слою, образуя верховодку или грунтовые воды.

Подземные воды типа верховодки располагаются на небольшой глубине от поверхности. Они имеют небольшую мощность, ограниченное распространение, часто носят сезонный характер. Образование верховодки связано с наличием в зоне аэрации небольших прослоев и линз слабопроницаемых пород (например глин или суглинков), на поверхности которых задерживаются и скапливаются инфильтрующиеся атмосферные осадки, конденсационные, паводковые или техногенные воды.

Уровень верховодки в естественных условиях испытывает резкие колебания в зависимости от количества атмосферных осадков, влажности воздуха, температуры и других метеорологических факторов. В засушливое время верховодка нередко вообще исчезает.

Наличие верховодки и сезонный характер ее существования необходимо учитывать при проектировании и строительстве различных зданий и сооружений.

Грунтовые воды – это воды выдержанного по распространению водоносного горизонта, залегающего на первом от поверхности земли водоупоре. На всей площади развития эти воды могут получать питание сверху за счет инфильтрации осадков и поверхностных вод. Их поверхность свободная, то есть давление этой поверхности равно атмосферному. В скважинах и колодцах, вскрывающих грунтовые

воды, уровень воды, как правило, устанавливается на той глубине, на которой был вскрыт.

Вблизи крупных рек годовые амплитуды колебания уровня (зеркала) грунтовых вод достигают 3 – 5 м. Наиболее высокие уровни устанавливаются в паводковый период с некоторым запаздыванием по отношению к максимальным уровням в реке. В удалении от рек и озер, на водоразделах амплитуды колебания уровня грунтовых вод обычно не превосходят 1 м, причем эти колебания связаны в основном с инфильтрацией атмосферных осадков. Для суждения об условиях залегания грунтовых вод строят карты гидроизогипс – линий, соединяющих точки зеркала грунтовых вод, лежащих на одном уровне.

Артезианскими водами называются такие воды, которые заполняют водоносный пласт на всю его мощность и ограничены не только водонепроницаемой подошвой, но и водонепроницаемой кровлей. Если напорный водоносный горизонт вскрыть скважиной, то уровень воды в ней поднимется выше кровли водоносного пласта, почему эти воды и называются напорными. Установившийся при этом уровень подземных вод в скважине – это пьезометрический уровень. Пьезометрический уровень определяют в абсолютных или относительных отметках. Линии, соединяющие на карте точки с одинаковыми отметками пьезометрического уровня, называются гидроизопьезами.

Величина напора в том или ином пункте зависит от разности абсолютных отметок области питания водоносного горизонта и пунктов, где вода используется или стекает в реки (рис. 5.1). В некоторых случаях уровень воды в скважинах вскрывших водоносный пласт, поднимается выше поверхности земли и скважины начинают фонтанировать. Артезианские воды называют межпластовыми и они обладают напором. Если водоносный горизонт, залегающий между двумя водоупорами заполнен водой не на полную мощность, формируются межпластовые безнапорные воды. Однако такие случаи на практике встречаются достаточно редко. Геологические структуры более или менее значительного размера, содержащие артезианские воды, носят название артезианских бассейнов.

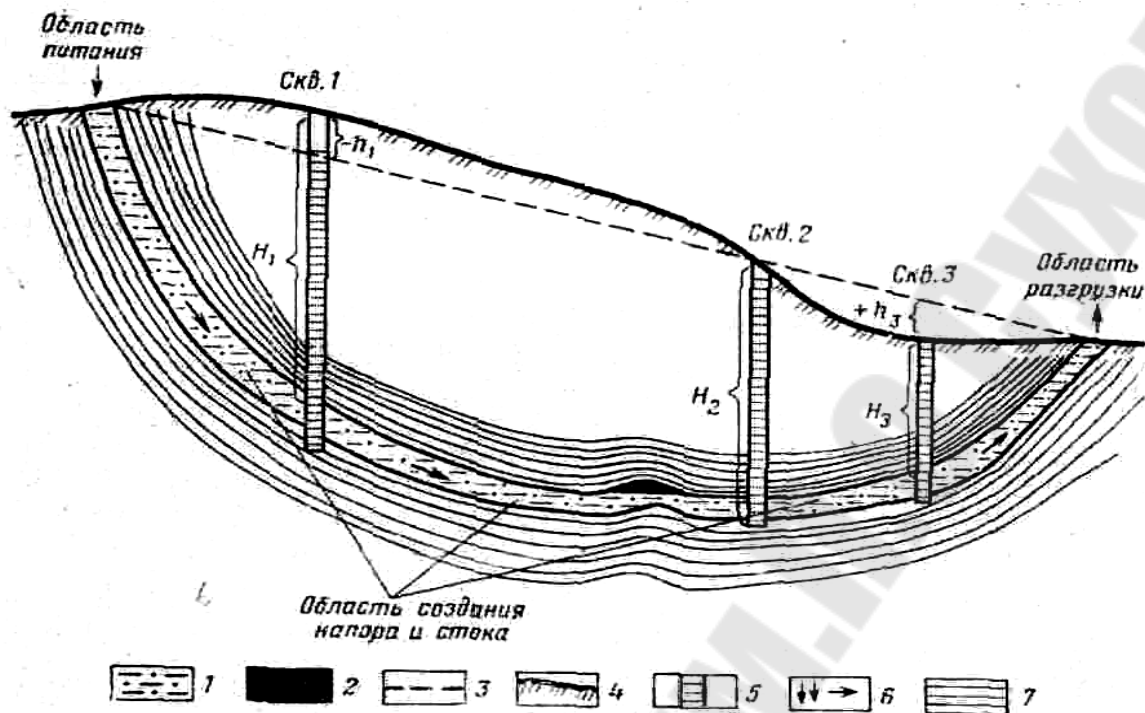


Рис.5.1 Схема инфильтрационной водонапорной системы: 1 — водоносный горизонт; 2 — залежь нефти; 3 — пьезометрическая поверхность; 4 — земная поверхность; 5 — пьезометрический уровень в скважине; 6 — направление движения вод; 7 — водоупоры

Жильные, трещинные и карстовые воды залегают в массивных горных породах с нарушенной сплошностью пород — трещиноватостью, карстообразованием. Особенно склонны к трещинообразованию кристаллические сланцы, известняки, доломиты. В известняках и доломитах зачастую трещины приводят к формированию карстовых полостей при растворении карбонатных пород. Карстообразование также отмечается в гипсах и соленосных породах.

В областях проявления сильных тектонических движений образуется густая сеть трещин. Трещинные воды, передвигаясь в больших трещинах тектонического образования или в размытых трещинах осадочных пород, носят название жильных вод. По характеру залегания жильные, трещинные и карстовые воды могут относиться к грунтовым водам или межпластовым, напорным или ненапорным.

Воды многолетней мерзлоты подразделяются на надмерзлотные, межмерзлотные и подмерзлотные. Надмерзлотные воды подразделяются на воды деятельного слоя и воды таликов (участков

талых пород). Воды деятельного слоя залегают на глубине, не превышающей 0,5 м и имеют небольшую мощность. Они безнапорные, но могут приобретать временную напорность в зимнее время. Межмерзлотные воды заключены в толще вечной мерзлоты. Питаются эти воды за счет вышележащих надмерзлотных вод и подмерзлотных вод, часто обладающих напором. Подмерзлотные воды находятся под толщей многолетнемерзлых пород. Питание этих вод происходит по средством инфильтрации атмосферных осадков, а разгрузка – в таликах под реками, озерами и водохранилищами.

5.3. Водные свойства пород

Одна из задач грунтоведения связана с изучением влияния воды на горные породы в отношении устойчивости, сохранения структуры и прочности, а также способности пород поглощать воду и пропускать ее через себя, т.е. так называемые водные свойства пород. Ниже рассмотрены влажность, пластичность, набухание, усадка, размокание, растворимость и другие свойства.

Влажность породы (w) называют отношение массы воды, содержащейся в порах породы, к массе сухой породы m_1 (высушивание ведется при $t = 105 - 107^\circ\text{C}$ в течение 8 ч).

$$w = \frac{m - m_1}{m_1} \quad (5.2)$$

где m – масса породы в естественном состоянии вместе с содержащейся в ней водой.

Степенью влажности или относительной влажностью породы называется степень заполнения ее пор водой.

Пластичностью называется способность породы изменять под действием внешних сил свою форму (деформироваться без разрыва сплошности) и сохранять полученную форму, когда действие внешней силы прекратилось.

Деформируемость глинистых пород под действием давления зависит от их консистенции (относительной влажности). Для того чтобы выразить в числовых показателях пределы влажности породы, при которой она обладает пластичностью, введены понятие о верхнем и нижнем пределах пластичности.

Нижним пределом пластичности (границей раскатывания) называется такая степень влажности глинистой породы, при которой глинистое тесто, замешанное на дисцелированной воде, при

раскатывании его в жгуте диаметром 3 мм начинает крошиться вследствие потери пластических свойств.

Верхний предел пластичности (граница текучести) представляет собой такую степень влажности глинистой породы, при которой глинистое тесто, положенное в фарфоровую чашку и разрезанное глубокой бороздой, сливается после трех легких толчков чашки ладонью. При большой степени влажности тесто течет без встряхивания или при одном – двух толчках.

Разница между верхним и нижним пределами пластичности получила название числа пластичности, которое для разных пород составляет : глины – 17 и более, суглинки 7 – 17, супеси 0 – 7, пески – 0.

Набуханием называется способность глинистых пород при насыщении водой увеличивать свой объем. Коэффициент набухания k обычно определяют лабораторным способом по приросту объема породы в процессе насыщения ее водой.

$$k = \frac{V - V_1}{V_1} 100 \% \quad (5.3)$$

где V – объем набухшей от воды породы; V_1 - объем воздушно сухой породы.

Набухание учитывают при строительных работах. Явление набухания дисперсных пород наблюдается в котлованах, выемках, строительстве платин и водохранилищ, когда изменяются гидрогеологические условия района.

Усадкой породы называется уменьшение объема породы под влиянием высыхания, зависящее от ее естественной влажности: чем больше влажность, тем больше усадка.

Размоканием называется способность глинистых пород в соприкосновении со стоячей водой терять связность и разрушаться – превращаться в рыхлую массу с частичной или полной потерей несущей способности.

Растворимость пород. Подземные воды обладают большой растворяющей способностью. Теоретически почти все горные породы растворяются в подземных водах, однако степень и скорость растворения различны. Одни породы растворяются быстро (например каменная соль), другие медленно (известняки), а третьи растворяются настолько медленно, что практически считаются нерастворимыми (граниты). Процесс растворения зависит от характера породы, свойств воды – ее химического состава, общей минерализации, температуры,

скорости движения, растворенных в воде газов и отдельных компонентов.

Способность воды растворять минералы или горные породы, а также цемент, бетон и т.д. называют агрессивной способностью. Вода обладает агрессивной способностью по отношению к данной породе только в том случае, если она не насыщена по данным минералам. Так, вода насыщенная карбонатом кальция, не будет растворять при данных температуре и давлении известняк, вода, насыщенная сульфатом кальция, не растворяет гипс.

При больших скоростях и турбулентном движении, а также при повышенной температуре воды, растворяющая способность ее при прочих равных условиях увеличивается.

Водопроницаемость. Под водопроницаемостью понимают способность пород пропускать (фильтровать) воду по имеющимся в них порам, трещинам и другим пустотам.

Водопроницаемость характеризуется коэффициентом фильтрации под которым понимают количество воды, проходящее в единицу времени через сечение, равное единице, при напорном градиенте, равном единице (либо скорость фильтрации при напорном градиенте равном единице).

Более подробно это понятие будет рассмотрено в разделе 5.5.

Влагоемкость и водоотдача пород. Способность пород принимать, вмещать и удерживать определенное количество воды называется влагоемкостью.

По степени влагоемкости дисперсные породы разделяются на три группы: влагоемкие (глинистые породы), средне влагоемкие (супеси, мелкозернистые пески) и невлагоемкие (пески, гравий и другие крупнообломочные породы).

Суммарное содержание в породе всех видов воды при полном заполнении всех пустот называется полной влагоемкостью породы.

Все виды влагоемкости выражают обычно отношениями массы воды, содержащейся в породе, к массе минеральных частиц (скелета) породы (показатель абсолютной влажности) или же отношением объема воды к объему пор (показатель относительной влажности породы) – коэффициент влажности.

Свойство пород, насыщенных водой, отдавать ее путем свободного стекания называется водоотдачей. Наибольшей водоотдачей обладают крупнообломочные породы, наименьшей – тонкозернистые пылеватые пески. Водоотдача глинистых пород

ничтожна, и практически они считаются породами, не обладающими водоотдачей.

Водоотдача горных пород характеризуется коэффициентом водоотдачи, который определяется опытным путем в поле в результате наблюдений за режимом подземных вод или специальных откачек /16/.

Определение водоотдачи пород имеет важное практическое значение при расчете осушения горных выработок, строительстве дренажных сооружений, подсчете запасов подземных вод и др.

5.4. Водоносный слой и его основные характеристики

При расчленении раздельнозернистых и слабосцементированных осадочных и метаморфических пород используют следующие гидрогеологические подразделения: водоносный слой, водоносный горизонт, водоносный комплекс, гидрогеологический этаж. Водоносный слой (пласт) представляет собой самую элементарную единицу в гидрогеологической стратификации.

Водоносный слой это выдержанный по мощности и распространению одновозрастной пласт горных пород с относительно однородными емкостными и фильтрационными свойствами, заполненный гравитационной водой.

Водоносный пласт может быть представлен толщей рыхлых или трещиноватых пород, однако вследствие того, что одной из основных форм залегания осадочных пород является слой (пласт), наибольшее распространенные водоносные слои получили в осадочных породах. Один или несколько водоносных слоев горных пород, насыщенных гравитационной водой и представляющих единое целое в гидродинамическом отношении образуют водоносный горизонт.

Водоносный слой характеризуется глубиной залегания, мощностью, площадью распространения, выдержанностью, литологическим составом, однородностью, пористостью, проницаемостью, физическими свойствами и химическим составом подземных вод, термобарическими условиями, уровнем подземных вод и др.

Водоносные слои могут быть встречены в широком интервале глубины, вплоть до глубин залегания кристаллического фундамента. В отдельных случаях даже в коре выветривания кристаллического

фундамента могут выделяться один или несколько водоносных слоев. Мощность водоносных слоев обычно составляет несколько метров, реже более. Характерной особенностью водоносного слоя является его выдержанность и достаточно большая площадь распространения. По литологическому составу водоносные пласты могут быть весьма разнообразными; важно, чтобы они обладали высокими емкостными и фильтрационными свойствами, достаточными для того, чтобы в них содержалась гравитационная вода. В пределах верхних горизонтов земной коры водоносные горизонты как правило связаны с песчаными, реже алевритовыми отложениями. Слабопроницаемые и непроницаемые глинистые и соленые пласты обычно не могут служить водоносными слоями и содержать гравитационную воду.

Химический состав подземных вод водоносных слоев может быть различным и зависит от глубины их залегания, наличия соленосных пород в разрезе, природы вод и др.

В соответствии с разной глубиной залегания и особенностями создания напора, водоносные пласты характеризуются различными термобарическими условиями и уровнем подземных вод.

Одной из важнейших характеристик водоносного пласта являются полученные в скважинах дебиты подземных вод, которые зависят от емкостных и фильтрационных свойств пород. В отдельных скважинах дебиты скважин, полученные из высокопроницаемых пластов могут измеряться сотнями кубометров в сутки.

5.5. Движение и режим подземных вод

Подземные воды движутся под влиянием силы тяжести от областей питания, где уровень имеет наибольшие отметки, к областям разгрузки, где отметки уровня наименьшие. Области питания подземных вод являются горные хребты с окаймляющими их предгорными шлейфами, водораздельные равнины и другие повышения рельефа. Области питания подземных вод могут быть приурочены также к водохранилищам, оросительным каналам и др. Разгрузка подземных вод происходит в речных долинах (исключая низовья рек равнинных областей, где реки являются источником питания грунтовых вод), оврагах и балках, местах резких перегибов рельефа в предгорьях, где обычно хорошо водопроницаемые породы сменяются слабопроницаемыми, в связи с чем образуются так называемые зоны выклинивания подземных вод, выходящих на

поверхность. Искусственная разгрузка подземных вод наблюдается при отборе подземных вод скважинами, колодцами, осушительными каналами, дренами. Направление движения грунтовых вод почти всегда совпадает с уклоном рельефа.

Фильтрация – движение подземных вод в порах рыхлых горных пород и в трещинах скальных пород в условиях, когда поры и трещины полностью заполнены водой.

В общем случае фильтрацией называют движение жидкости в пористой среде. Применительно к подземным водам В. М. Шестаковым предложен термин геофильтрации, отражающий специфику фильтрации подземных вод в горных породах.

Если движение воды происходит в породах, не полностью насыщенных водой, то его называют инфильтрацией. Просачивание осадков через зону аэрации является примером инфильтрации.

Втекание осадков или поверхностных вод через трещины скальных пород называется инфлюацией.

Различают движение воды ламинарное (установившееся и неустановившееся) и турбулентное.

Ламинарное, или параллельно-струйчатое, движение происходит без пульсации скоростей, турбулентное, или вихревое, движение характеризуется пульсацией скоростей, вследствие чего перемешиваются различные слои потока.

Установившееся движение подземных вод характеризуется постоянством во времени в любом сечении мощности, напорного градиента, скорости фильтрации, расхода. При изменении во времени этих характеристик движение называется неустановившимся.

Линейный закон фильтрации. Ламинарное движение подземных вод подчиняется линейному закону фильтрации, известному под названием закона Дарси и имеющему следующий вид:

$$Q = kI\omega \quad (5.4)$$

где Q – расход фильтрационного потока – количество воды, протекающей через данное поперечное сечение потока в единицу времени, м³/сут; k – коэффициент фильтрации породы, м/сут; I – градиент напора или гидравлический градиент; ω – поперечное сечение потока, м².

Градиент напора характеризует уклон свободной поверхности грунтовых вод или пьезометрической поверхности напорных вод. Его вычисляют по формуле

$$I = \frac{H_1 - H_2}{l} \quad (5.5)$$

где H_1 – отметка уровня грунтовых вод или пьезометрической поверхности напорных вод в сечении I (рис 5.2), м; H_2 – то же, в сечении II . Если водоупор расположен горизонтально, то для грунтовых вод H_1 и H_2 приравнивают к мощности водоносного горизонта h_1 и h_2 , м; l – расстояние между I и II , или путь фильтрации, м.

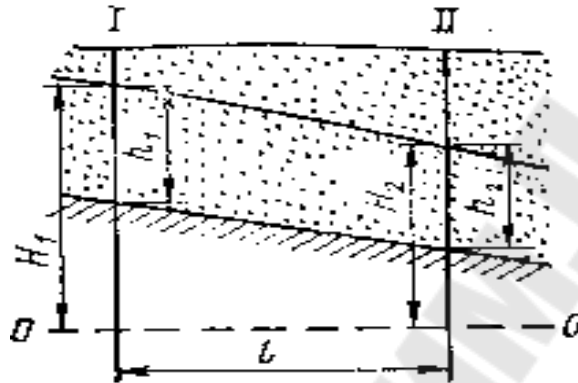


Рис.5.2. Схема движения грунтовых вод при наклонном водоупоре.

Градиент напора грунтовых вод можно определить по гидроизогипсам – линиям, соединяющим одинаковые отметки поверхности грунтовых вод. Градиент зависит от уклона рельефа и степени его расчлененности, характера водоносных пород, уклона водоупорного слоя, соотношения отметок областей питания и дренирования, расстояния между этими областями и др. Градиент напора непостоянен во времени, он может возрасти при усилении питания грунтовых вод и уменьшиться при его ослаблении.

Линейный закон фильтрации – основной закон движения подземных вод. Он справедлив для движения воды в рыхлых и трещиноватых породах при весьма широком диапазоне скоростей фильтрации. Однако если скорость фильтрации превышает некоторое значение ее, называемое критическим, то прямая пропорциональность между скоростью фильтрации и градиентом напора не соблюдается. Это может наблюдаться в карстовых полостях и очень крупных трещинах. В таких случаях ламинарное движение сменяется турбулентным. Условия перехода одного движения в другое рассматривают в курсе «Подземная гидравлика».

Если обе части выражения (5.4) разделить на площадь поперечного сечения потока ω (м^2), получим

$$\frac{Q}{\omega} = KI \quad (5.6)$$

Левая часть равенства определяет собой скорость фильтрации v (м / сут)

$$v = kI \quad (5.7)$$

Если принять $I = 1$, то

$$v = k \quad (5.8)$$

Отсюда следует, что коэффициент фильтрации численно равен скорости при градиенте напора, равном единице.

Движение подземных вод происходит не через все сечение потока, а лишь через часть его, соответствующую площади пор или трещин. Действительная скорость фильтрующей воды равна

$$u = \frac{Q}{n\omega} \quad (5.9)$$

где n - пористость породы в долях единицы.

Если сопоставить выражения (5.6) и (5.9), то можно установить следующую связь между v и u :

$$v = nu \quad (5.10)$$

Учитывая, что пористость всегда меньше единицы, то скорость фильтрации меньше действительной скорости движения воды.

В глинистых породах физически связанная влага не участвует в гравитационном движении воды. Поэтому в выражении (5.9) пористость n заменяют активной пористостью, которая характеризует часть сечения породы, способную пропускать движущуюся воду. Активная пористость (в долях единицы) равна

$$n_{\text{акт}} = n - W_{\text{ММВ}} \delta \quad (5.11)$$

где $W_{\text{ММВ}}$ – максимальная молекулярная влагоемкость породы в долях единицы; δ – объемная масса скелета грунта.

В крупнообломочных и песчаных породах, содержащих в небольшом количестве физически связанную воду, движение воды происходит практически по всему сечению пор. Защемленный воздух, который находится в порах грунта (его объем достигает нескольких процентов объема пор), также уменьшает сечение пор, по которым движется вода.

Нелинейный закон фильтрации. Турбулентное движение, характерное для сильно трещиноватых пород с крупными пустотами и трещинами, подчиняется нелинейному закону фильтрации, который выражается формулой Шези – Краснопольского:

$$v = k\sqrt{I} \quad (5.12)$$

где v – скорость фильтрации, м/сут; k – коэффициент фильтрации, м/сут; I – напорный градиент.

Таким образом, при турбулентном движении скорость фильтрации пропорциональна напорному градиенту в степени $1/2$.

Фильтрация в тонкодисперсных глинистых породах имеет свои особенности. Поры в таких породах практически полностью заняты связанной водой. Поэтому фильтрация может начаться лишь при условии, если градиент напора превысит некоторый начальный градиент, определяемый сдвиговой прочностью связанной воды, представляющей собой вязко - пластическую жидкость. Таким образом, фильтрация подземных вод в принципе возможна и сквозь относительно водоупорные глинистые отложения – при определенных градиентах напора.

Режим подземных вод – изменение во времени уровня, температуры, химического состава и расхода подземных вод под влиянием естественных и искусственных факторов. Режим подземных вод определяется геологической обстановкой и климатическими условиями, а также хозяйственной деятельностью человека (осушение, орошение, строительство дамб и т.д.).

Динамический режим грунтовых и артезианских вод существенно различен. Режим грунтовых вод всецело определяется метеорологическими факторами: атмосферными осадками, температурой воздуха, давлением, испарением. Неравномерность инфильтрации атмосферных осадков является основной причиной изменения режима грунтовых вод. Изменение режима грунтовых вод наблюдается не только в течение одного года, но и в многолетний период.

Колебания уровней в трещинных и закарстованных породах имеют свою специфику. Максимальное повышение уровней подземных вод весной происходит быстрее непосредственно в период снеготаяния. Значительное повышение уровней наблюдается также во время летних и осенних дождей, в том числе ливневого характера. Амплитуда годовых колебаний может достигаться 10 м и более.

Динамический режим артезианских вод в естественных условиях характеризуется большим постоянством по сравнению с режимом безнапорных вод.

5.6. Методы определения характеристик водопроницаемости

Основным показателем водопроницаемости горных пород является коэффициент фильтрации, который численно равен скорости фильтрации при градиенте напора, равном единице (см. разд. 5.5). Он имеет ту же размерность, что и скорость – м/сут. Коэффициент фильтрации необходим для всех расчетов, связанных с движением подземных вод. Он может быть получен на основе полевых опытно-фильтрационных работ, путем наблюдения за режимом подземных вод, при лабораторных исследованиях грунтов. Опытные-фильтрационные работы проводятся методами опытных откачек, нагнетания в скважины, подливов в шурфы и скважины.

Метод опытных откачек состоит в откачке воды из скважины, сопровождающейся систематическими наблюдениями за дебитом скважины и уровнем воды в ней, а также отбором проб воды.

Опытная скважина, из которой ведется откачка, оборудуется фильтром, насосом или эрлифтом, приспособлением для замера дебита и уровнемером. Опытные откачки делятся на одиночные и кустовые.

Для проведения кустовой откачки бурят четыре луча скважин, два луча перпендикулярно линии тока, два по линии тока. Откачку производят до тех пор, пока в наблюдательных скважинах не установится постоянный уровень при сравнительно небольшом его понижении в центральной скважине (5-30 см). Потом производят второе понижение и т.д. После этого строят кривые депрессии. Так как замерены все величины, кроме коэффициента фильтрации, его величина может быть получена из формулы дебита:

для грунтовых вод

$$k = 0,73 Q \frac{\lg x_2 - \lg x_1}{(2H - S_1 - S_2)(S_1 - S_2)} \quad (5.13)$$

для артезианской скважины

$$k = 0,366 Q \frac{\lg x_2 - \lg x_1}{M(S_1 - S_2)} \quad (5.14)$$

где Q – дебит центральной скважины; x_1 и x_2 - расстояния от центральной до контрольных скважин; $S_1 - S_2$ – понижения уровня воды в контрольных скважинах, M – мощность напорного горизонта.

В ряде случаев для определения фильтрационных свойств пластов применяют пробные откачки из одиночной скважины. Коэффициент фильтрации вычисляют подставляя в формулы (5.13; 5.14) значения $x_1 = r_0$ и $S_2 = 0$.

При одиночной откачке наблюдения за уровнем ведутся в той же скважине, из которой производится откачка. Откачки ведутся на два или три понижения уровня. Принимается, что если за 4-5 ч откачки уровень меняется не более чем на 1 см, то он считается установившимся. Величина понижения уровня на каждой последующей ступени должна отличаться от предыдущей ступени не менее чем на 0,5 м, а максимальная величина понижения должна быть не более половины мощности продуктивного горизонта.

Опытные нагнетания производятся в тех случаях, когда нужно определить проницаемость трещиноватых пород. Метод заключается в том, что определенный интервал скважины тем или иным способом перекрывается сверху и в него подается вода. По способности породы, вскрытой скважиной, поглощать воду судят о ее проницаемости. Величина скорости поглощения воды, м/мин, отнесенная к 1 м длины скважины, называется удельным водопоглощением.

По данным удельного водопоглощения определяют коэффициент фильтрации пород.

$$k = 0,525 q \lg \frac{0,66l}{r_0} \quad (5.15)$$

где q – удельное водопоглощение, м³/мин на 1 м скважины; l – длина опробуемого интервала, м; r_0 – радиус скважины, м.

Водопроницаемость сухих пород может быть определена методом подлива. При определении водопроницаемости трещиноватых и крупнообломочных пород методом А. К. Болдырева в шурф заливается вода слоем 10 см и уровень ее поддерживается постоянным. В таком случае

$$k = \frac{Q}{F} \quad (5.16)$$

где Q – установившийся расход воды в шурфе, см³/с; F – площадь сечения шурфа, см².

Схожим способом (метод Н.С. Нестерова) определяют коэффициент фильтрации более мелкозернистых пород.

В лабораторных условиях коэффициент фильтрации определяется непосредственным измерением скорости движения воды через образец грунта. Постановка лабораторного определения коэффициента фильтрации различна для различных грунтов.

Песчаные породы помещают в трубку и пропускают через нее воду; при этом используется два приема. При первом приеме грунт, помещенный в трубку, находится под воздействием тока воды при условии поддержания постоянного напора. Тогда по количеству профильтровавшейся жидкости и времени фильтрации может быть определен коэффициент фильтрации. Второй прием заключается в том, что над грунтом помещают определенное количество воды и следят за понижением напора.

Для определения коэффициента фильтрации глинистых пород из образца породы с ненарушенной структурой вырезают цилиндр и помещают его в специальный прибор, через который под определенным напором пропускают воду.

Коэффициент фильтрации может быть также определен по эмпирическим формулам в зависимости от гранулометрического состава породы и ее пористости (формулы Хазена, Ланге, Крюгера, Замарина). Метод определения коэффициента фильтрации по формулам наименее точен и может быть применим только для предварительных расчетов.

5.7. Методы борьбы с грунтовыми водами

При высоком уровне грунтовых вод, в период строительства и эксплуатации сооружений применяют искусственное водопонижение. Выбор рационального способа водопонижения зависит от характера строящегося или построенного объекта, геологического строения и гидрогеологических условий строительной площадки.

Временное снижение уровня подземных вод применяют на период строительства и называют строительным водопонижением, а долговременное – на период эксплуатации сооружений, и его называют дренажем.

В зависимости от назначения применяются горизонтальные, вертикальные и комбинированные дренажные системы.

Горизонтальный дренаж обеспечивает водопонижение с помощью канав, траншей и подземных галерей, имеющих определенный наклон в сторону их подвода к открытым водоемам

или в сеть ливневой канализации. Горизонтальный дренаж может быть открытым и закрытым. Наиболее простым и дешевым способом снижения уровня вод является открытый дренаж. Однако при нем грунтовые воды могут вызвать обрушение стенок канав, оплывание откосов и другие нежелательные явления. При закрытом дренаже на дно траншеи кладут перфорированные трубы различного диаметра, в зависимости от дебита водоносного горизонта. Для предотвращения заиливания ее осыпают несколькими слоями песка и гравия. Глубина прокладки горизонтальных дрен не должна превышать 5 -6 м. Эти виды дренажа также широко применяются для мелиорации переувлажненных пахотных земель, используемых для сельскохозяйственных целей.

Вертикальный дренаж обеспечивает снижение уровня грунтовых вод с помощью водопонижающих скважин, откачкой насосом или сбросом в нижележащие водопроницаемые ненасыщенные водой горные породы.

Наиболее распространенным способом водопонижения является система иглофильтров из тонких перфорированных металлических труб, которые располагаются вокруг котлована или по линии перпендикулярной течению грунтовых вод.

В зависимости от конфигурации в плане сооружений применяют кольцевые, линейные и плоскостные водопонижающие системы. При строительстве трубопроводов обычно применяются линейные водопонижающие системы.

При длительном водопонижении (дренаж) применяют главный, береговой, кольцевой и систематический дренажи.

Главный дренаж производится для понижения уровня грунтовых вод, питание которых происходит со стороны. Грунтовые воды перехватываются горизонтальными или вертикальными дренами, которые закладываются выше осушаемого участка.

Береговой дренаж применяют для перехвата подземных вод, расположенных вблизи открытых водоемов. С его помощью отводят фильтрационный поток, движущийся в береговую зону в период половодья при повышении уровня воды в водоеме.

Кольцевой дренаж проектируют для борьбы с подтоплениями отдельных сооружений с глубокими фундаментами, например подземных емкостей и резервуаров для хранения нефти и нефтепродуктов. Он может обеспечить полный перехват воды по контуру осушаемого участка с неглубоким залеганием уровня

грунтовых вод и тем самым предотвратить всплытие подземных емкостей при их опорожнении.

Систематический дренаж целесообразен для осушения равнинных участков с неглубоким залеганием уровня грунтовых вод. Дренаж состоит из отдельных дрен, которые забирают воду из грунта, и коллектора, который отводит воду от дренируемой зоны.

Водопонижение является основным методом борьбы с грунтовыми водами. Кроме этого метода с целью защиты зданий, сооружений, карьеров и других горных выработок от грунтовых вод применяют и другие методы. В тех случаях, когда сооружения в основной период располагаются в зоне аэрации и могут подтапливаться только при обильных осадках, основное внимание уделяют защите от поверхностного стока, путем прокладки отдельных канав и организации водостоков. В случае наличия рядом с участком строительства или карьера по добыче полезных ископаемых рек и ручьев может возникнуть вопрос об их отводе. Так, например, при проектировании карьера для добычи руд на Лебединском месторождении Курской магнитной аномалии выяснилось, что в обводнении карьера грунтовыми водами значительную роль будет играть река Осколец. Эту реку было намечено отвести подальше за пределы карьера /9/.

При строительстве небольших объектов, для борьбы с грунтовыми водами нередко применяют различные водоизоляционные покрытия. Иногда при проходке канав и горных выработок применяют замораживание пород с устройством вокруг выработки специальных скважин, по которым нагнетается раствор хлористого кальция с температурой порядка -35°C (температура замерзания этого раствора -38°C). В результате промораживания пород образуется водонепроницаемый барьер. Для уменьшения водопроницаемости грунтов при проходке горных выработок различного назначения применяются и другие методы: химическое закрепление грунтов, цементация, битумизация и др. (см. разд. 8.1).

6. ФИЗИКО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ И ЯВЛЕНИЯ, ВЛИЯЮЩИЕ НА УСТОЙЧИВОСТЬ ГРУНТОВ И СООРУЖЕНИЙ (ПРОЦЕССЫ ВНЕШНЕЙ ДИНАМИКИ ЗЕМЛИ)

На устойчивость грунтов и сооружений существенное значение оказывают процессы внешней динамики Земли: выветривание, гравитационные процессы, процессы связанные с деятельностью ледников, подземных и поверхностных вод, процессы, связанные с инженерной деятельностью человека.

Прогноз развития современных геологических и инженерно-геологических процессов позволяет предусмотреть в проектах на строительство различных сооружений необходимые профилактические мероприятия. Осуществить их технически проще и экономически выгоднее, чем ликвидировать негативные последствия указанных процессов.

6.1. Гравитационные процессы

На естественных склонах и откосах искусственных выемок под воздействием собственной массы, поверхностных и подземных вод могут возникнуть оползни, обвалы, осыпи, оплывины, курумы. Наибольший ущерб застроенным территориям причиняют оползни.

Оползни – смещение масс горных пород по естественному склону или искусственному откосу под действием силы тяжести по ясно выраженной поверхности скольжения, связанное во многих случаях с деятельностью поверхностных и подземных вод.

Оползни широко распространены в природе и нередко проявляются в грандиозных масштабах. Как правило они происходят на берегах рек, морей, оврагов, озер, а также откосах искусственных выемок – каналов, строительных котлованов и т.д. Оползневые явления представляют большую угрозу для гидротехнических сооружений, очень опасны на склонах речных долин в местах берегового примыкания плотин. В результате оползней могут разрушаться каналы, проходящие на косогорных участках, трубопроводы, железные и шоссейные дороги, различные здания и сооружения.

Причины образования оползней, помимо благоприятного геологического строения, в общем случае могут быть следующими:

гидродинамическое действие подземных вод на породы склона и выветривание горных пород; подмывание склона рекой или морем; подрезка склонов при строительстве каналов, дорог, трубопроводов и других сооружений; застройка склонов различными сооружениями, нарушающими равновесие склонов вследствие увеличения нагрузки. Особенно опасно воздействие на породы динамических нагрузок, например от массы проходящих поездов; интенсивное увлажнение пород осадками, фильтрационными водами из канав, поливными и грунтовыми водами, в результате чего возрастает масса пород, а силы сцепления в породе уменьшаются; недопустимая крутизна склонов; землетрясения.

Поверхность по которой происходит движение оползня, называется поверхностью скольжения или смещения. Плоскость пересечения поверхности скольжения со склоном ниже оползня называют подошвой оползня. Она может быть на уровне основания склона, выше и ниже его. В результате оползней склоны приобретают характерное очертание – почти отвесную плоскость отрыва в верхней части склона, внизу – бугристую массу тела оползня.

Для оценки возможности возникновения оползня пользуются коэффициентом устойчивости склона, который показывает соотношение сил сопротивления оползневному смещению и активных сдвигающих сил. Оползни возможны, когда коэффициент устойчивости склона (переменный во времени в зависимости от различных факторов), уменьшаясь, становится равным единице.

В образовании оползней выделяют четыре стадии:

Подготовка оползня, во время которой уменьшается коэффициент устойчивости склона и нарастает деформация пород, предшествующая их разрушению;

Основного смещения оползня, во время которой вслед за разрушением пород вдоль поверхности скольжения происходит за сравнительно короткий срок большая часть оползневого смещения;

Вторичных смещений – период, в который в теле оползня смещаются породы, не пришедшие во второй стадии в устойчивое состояние;

Устойчивости (стабилизации) – горные породы не испытывают деформаций, коэффициент устойчивости склона постоянный или возрастает.

Скорость движения оползней изменяется от долей миллиметра в сутки до нескольких десятков метров в час.

Оползневые явления широко развиты на высоких берегах Волги, Днепра, Сожа и многих других рек, на побережье Черного и других морей, в горных районах Средней Азии, Закавказья и др. Оползни в комплексе с обвалами являются причиной образования завальных озер в речных долинах, прорыв которых может грозить катастрофой для расположенных ниже селений.

Для прогноза оползней применяют расчетные методы, основанные на определении коэффициента устойчивости склона путем сравнения напряжения в склоне с прочностью слагающих его пород, учете баланса земляных масс и др. Все эти методы рассматриваются в специальных руководствах.

Обвал – это внезапное отделение массы горных пород на крутом склоне с углом большим угла естественного откоса, происходящее вследствие потери сцепления в результате выветривания или потери опоры из-за эрозии или абразии в основании склона. Обвалы относятся к гравитационным движениям без участия воды. Они часто вызываются сейсмическими толчками.

Глыбы отвалов, накапливающиеся у подножья склонов, иногда представляют угрозу для строений и инженерных сооружений, расположенных на этих участках: гидроэлектростанций, трубопроводов, линий электропередач, шоссейных и железных дорог.

Осыпи – накопление продуктов выветривания горных пород у подножья склонов (обычно обломки не отсортированы, остроугольные) – одна из форм делювиальных отложений. Они смещаются к основанию склона под действием собственной массы, что часто вызывается осадками.

Осо́вы – отличаются от осыпей тем, что щебенистый материал их состоит из смеси твердых и мягких пород. Присутствующие в осовах мягкие породы (мергели, кремнистые глины, опоки и глинистые сланцы) благодаря их малой проницаемости в отличие от осыпей задерживают воду. Осо́вы движутся вследствие насыщения их водой, но их движение не носит, как у оползней, характера пластического течения. Какая-то часть их тела вдруг, смещаясь, оседает вниз, образуя обрыв на границе смещения; вслед за этим смещается следующий участок. Вероятными факторами образования осовов являются насыщение их водой и уменьшение трения.

Курумы – скопления крупных обломков скальных пород, образованных в результате выветривания у подножия склонов; представляют поля каменных глыб.

Оплывины – это смещение со склонов различных земных масс. Разжижение может происходить вследствие насыщения глинистой породы водой и перехода ее в текучее состояние. Особенно подвержены этому процессу легко размокающие породы, например лесы и лесовидные суглинки.

Лавины представляют собой обрушение снежных масс с горных склонов. Снежные лавины иногда представляют собой большую угрозу, например при падении их в водохранилище вблизи плотин на горных реках. Исследование лавин является одним из важных и серьезных вопросов инженерной геологии.

Подвижки горных пород на склонах принадлежат к числу явлений, опасных для зданий и сооружений, как в процессе строительства, так и эксплуатации. Каждый тип гравитационных подвижек в определенных горно-геологических условиях вызывает необходимость проведения мероприятий строго соответствующих условиям оползания или осыпания. Как правило, все мероприятия по борьбе с подвижками горных масс на склонах должны быть направлены к тому, чтобы исключить действие условий, вызывающих подвижки.

У оползней, поверхность скольжения которых проходит ниже подошвы склона (детрузивных) и при движении оползня образуется характерный бугор выпирания, усиливают удерживающее противооползневое давление этого грунта отсыпкой контрбанкетов или прошивкой железобетонными шпильками. Для оползней, не имеющих бугра выпирания, перед склоном (деляпсивных оползней), предусматривают строительство подпорных стенок, которое сопровождается дренирующими устройствами.

При недостаточной плотности сложения движущейся массы возможно закрепление склона пропиткой твердеющими растворами (силикатизация). Одним из распространенных методов борьбы с подвижками горных пород является применение дренирующих и водоотводящих устройств.

Во избежание излишнего увлажнения склона следует не допускать вырубки растущих на нем деревьев и кустарников, производить посадку растений с мощной корневой системой и запрещать распашку почвы.

Меры борьбы с обвальными явлениями сводятся к расчистке склонов от глыб, камней и к взрывным работам. При невозможности проведения таких мероприятий предусматривают варианты

подземного расположения сооружений или устройство мощных перекрытий над надземными.

Решение вопроса о выборе мероприятий по борьбе с движением горных масс на склонах и увеличении их устойчивости каждый раз должно быть найдено на основе тщательного изучения всех условий возникновения и существования подвижек для данного склона. Предполагаемое к осуществлению мероприятие должно быть тщательно проанализировано и должен быть составлен прогноз режима и существования склона после проведения принятых мероприятий.

6.2. Процессы, связанные с деятельностью поверхностных вод

Рассматриваемая группа процессов связана с геологической деятельностью морей, озер, рек и временных водных потоков и может быть отнесена к гидродинамической группе процессов.

Одним из основных процессов этой группы, связанным с деятельностью морей и океанов является абразия.

Абразия это процесс механического разрушения (срезания) морского берега волнами и течениями. В результате проявления этих процессов формируются абразивные платформы, пляжи, береговые валы, подводные осыпи и валы, аккумулятивные террасы, бары, косы, пересыпи, волноприбойные ниши.

Скорость абразии зависит от геологического строения берега и силы морских волнений. Волны на поверхности воды обусловлены действием ветра и при 10-бальном ветре превышают 10м. При подходе к берегу возникает трение воды о морское дно и волна деформируется, высота ее возрастает, а длина уменьшается. С замедлением движения волны фронтальная часть ее становится круче и она опрокидывается, расходуя свою кинетическую энергию. При подходе к приглубленному берегу деформации ее не происходит, достигая берега и встречая на пути преграду, волна поднимается до высоты, в два раза превышающей ее нормальную высоту и, израсходовав энергию удара, растекается вдоль берега. Волнения в море распространяются до глубины 100м, а в океанах до 200м. Образование сильных волн также связано с землетрясениями. Такие волны называются цунами; они возникают периодически и достигают большой высоты и длины.

Проявляющиеся на побережьях морей приливы и отливы, обусловленные притяжением Луны и Солнца, переносят взвешенный материал и размывают дно и берега в заливах и проливах. Разрушающая работа волн происходит не только на берегах океанов и морей, но и на берегах озер и искусственных водохранилищ.

Интенсивность абразионных процессов зависит от высоты и направления волн, конфигурации рельефа и геологического строения берега. Наибольшая сила удара волны отвечает ее прямому (перпендикулярно береговой линии) направлению. В результате действия абразии береговой уступ с течением времени отодвигается в сторону суши, оставляя за собой слабонаклоненную к морю абразионную террасу. Между подводной террасой и береговым уступом возникает узкая полоса, называемая пляжем. С течением времени пляж развивается, расширяется и покрывающие его обломки пород становятся более мелкими. Когда пляж станет настолько широким, что живая сила волны будет гаситься трением, действие абразии прекращается.

Скорость размывания морского берега достаточно высока и в отдельных случаях достигает 35 мм в год.

В районах распространения приглубленных берегов волновой деятельностью производится их подмыв в подводной части с последующим обрушением нависших береговых карнизов и огромных глыб.

Устройство портов, причалов, молов, защитных водорезов и других морских сооружений может изменить направление осадконакопления у аккумулятивных террас, вызвать снос накопленного материала и способствовать началу нового разрушения берега. Поэтому организуется тщательное изучение режима и направления действия морских волн у берегов.

Атмосферные осадки, выпадающие на наклонную поверхность суши стекают по ней в форме тонких струек, увлекая за собой частицы породы. Этот процесс плоскостного смыва частиц называется деллювиальным. На всякой земной поверхности имеются углубления, в которые устремляется стекающая вода. Дождевые и талые потоки, сосредоточенные в таких углублениях, начинают его размывать и превращать в небольшую промоину, или рытвину. Процесс размывания горных пород водными потоками называется эрозией. Постепенно под действием стекающих вод размеры промоины увеличиваются и она превращается в овраг.

Та часть оврага, где он начинается и где в него стекают воды с предовражного склона, называется вершиной, а окончание оврага называется устьем. Овраг растет в длину своей вершинной частью. В овраг по его склонам стекают атмосферные осадки, образуя отвершки оврага. Воды, поступающие в овраг, текут по его дну и размывают его в глубину и ширину (донная и боковая эрозия).

Углубление оврага может происходить только до определенного уровня, который называется базисом эрозии – самой низкой точки в устье оврага. Размыв осуществляется обычно вверх от базиса эрозии. Ниже этого базиса водный поток теряет свою силу и уже не может производить размывающую работу. Для водных потоков, текущих в оврагах, базисом эрозии является уровень реки, озера или другого оврага, в которые они впадают.

Когда вершина оврага и все его отвершки достигают высших точек местности (водоразделов), с которой овраг собирает свои воды, то общее количество воды, поступающее в овраг, больше не увеличивается, и поэтому рост оврага прекращается. После прекращения роста оврага его продольный профиль принимает форму плавной кривой, называемой профилем равновесия; склоны его выполаживаются и зарастают растительностью, овраг превращается в балку.

В процессе роста оврага его вершина может подойти к озеру или таящему леднику. Во всех этих случаях овраг станет несущим воду не только в период выпадения дождя или таяния снега, но и постоянно, т.е. овраг превратится в ручей или реку.

Эрозионная деятельность рек в определенной мере напоминает таковую при оврагообразовании. По характеру работы, выполняемой реками, их разделяют на три типа: 1) реки равнинных местностей; 2) реки, берущие свое начало на высоких плоскогорьях или плато и низвергающиеся водопадами в глубокие и узкие ущелья, называемые каньонами; 3) реки горных систем. Каждый из этих типов рек обладает определенным режимом, обуславливающим их деятельность.

В верховьях реки, где масса воды еще незначительная, углубление долины идет медленно. Наибольший размыв происходит в некоторой промежуточной части, где достаточно велики и количество воды и скорость течения. Область наибольшего размыва не является постоянной, а перемещается от устья к источнику. Углубление русла реки (глубинная эрозия) продолжается до

известного предела. Выше устья размыв будет продолжаться до тех пор пока живая сила воды будет больше, чем это требуется для ее передвижения.

В среднем и нижнем течении реки ее продольный профиль выполаживается, скорость течения уменьшается и глубинная эрозия резко замедляется. Основное значение приобретает боковая эрозия, приводящая к разрушению берегов, перемещению русла и расширению речной долины, что необходимо предусматривать при проектировании и строительстве инженерных сооружений.

В горных районах обильное выпадение дождей или таяние снега вызывает образование временных бурных потоков. Мощный поток, стекающий с крутых склонов, обладает огромной силой и увлекает за собой, подобно горным рекам, мелкие обломки пород, большие глыбы и валуны. Действуя захваченными обломками, как тараном, такой поток разрушает встреченные на пути выступы и неровности гор, увлекая их за собой, и все более и более насыщается каменным материалом. Далее поток захватывает верхние слои мелкообломочного материала и почв и постепенно из водного превращается в грязекаменный. Временные грязекаменные потоки широко распространены на Кавказе, в Средней Азии и других горных областях.

Селевые потоки представляют большую опасность для населенных пунктов, отдельных зданий и сооружений, расположенных в полосе их действия, т.к. за небольшой промежуток времени таким потоком может быть вынесено до нескольких миллионов тонн каменного и глинистого материала.

Возможность проявления процессов, связанных с деятельностью поверхностных вод необходимо учитывать при инженерной деятельности человека. При этом для каждого из этих процессов нужно предусматривать и проводить свой рациональный комплекс защитных мероприятий.

Так, борьба с явлениями, возникающими вследствие абразионных процессов и, главным образом, на берегах искусственных водохранилищ, осуществляется следующим комплексом методов. Прежде всего, где это может оказаться эффективным, применяют планировку береговых склонов, посадку деревьев, кустарников и травянистой растительности. Растительность насаждают и в подводной части, что способствует гашению волн; естественно, при этом применяют влаголюбивую и водяную

растительность. Берегоукрепительные работы производят посредством каменной наброски, мощения бетонных и асфальтовых покрытий, свайных и шпунтовых ограждений. В подводной части устраивают волноломы и буны. В каждом конкретном случае решения в проекте защитных мероприятий определяют с учетом инженерно-геологических условий.

Для борьбы с оврагообразованием применяют в основном водоотведение, укрепление склонов различной растительностью и т.д.

Для разработки мероприятий по борьбе с селевыми потоками необходимо изучение как условий возникновения селей, так и особенностей их динамики.

По степени эффективности все противоселевые мероприятия подразделяют на пассивные, полуактивные и активные /15/.

Пассивные мероприятия предусматривают борьбу с селевыми потоками только в руслах рек и на прирусловых участках: сооружение запруд на конусах выноса, наносоулавливателей на горных участках рек и на конусах выноса, дамб, защищающих отдельные участки сооружения. Эти мероприятия могут защищать объекты от селей, но не предупреждают образование селевых потоков.

Полуактивные мероприятия: агролесомелиорация, различные мелкие гидротехнические сооружения, осуществляемые в местах зарождения селевых потоков. Эти мероприятия лишь ослабляют деятельность селевых потоков, но не ликвидируют их полностью.

Активные (комплексные) мероприятия, которые должны гарантировать успешную борьбу с селевыми потоками.

В горной части бассейна производятся, как правило, активные комплексные агротехнические и агролесомелиоративные мероприятия, значительно ослабляющие деятельность селевого потока и облегчающие работу гидротехнических сооружений, возводимых в транзитной зоне и на конусах выноса.

6.3. Процессы связанные с деятельностью подземных вод

К процессам, связанным с деятельностью подземных вод относятся механическая и химическая суффозия, карст, пльвуны.

Процесс механической суффозии представляет собой разрыхление породы движущейся в ней водой и вынос частиц водным потоком, вызывающий оседание поверхности земли.

Горные породы (грунты) подверженные суффозии, водонасыщены, и возможность выноса отдельных частиц определяется их размерами, минералогическим составом, скоростью фильтрации движущейся воды и величиной гидродинамического давления. Так как процесс суффозии заключается в переносе мелких частиц породы через поры между крупными частицами, то большое значение имеет размер пор и гранулометрический состав. Наибольшее развитие эти процессы получают при условии, что основная масса породы состоит из двух резко различных по размеру фракций.

Суффозия обычно происходит в песчаных породах, которым по сравнению с глинистыми свойственна большая скорость фильтрации. Вынос частиц начинается, когда напорный градиент достигает критического значения. Критический градиент ($J_{кр}$), при которых происходят взвешивание песка, находящегося в движущейся воде, равен (по Е. А. Замарину)

$$J_{кр} = (\gamma - 1)(1 - n) + 0,5n \quad (6.1)$$

где γ – плотность песка; n – пористость песка в долях единицы.

Суффозия может наблюдаться в естественных склонах (берегах рек, оврагов и др.), при проходке туннелей, строительных котлованов, отсыпке дамб.

Суффозия в основании сооружений может привести к неравномерной осадке и даже к аварии, если они построены без учета этого явления. Известны примеры разрушения плотин и дамб, построенных на песчано-глинистых отложениях, в результате выноса в нижний бьеф песчаных частиц водами фильтрующимися через основание.

Рациональным методом предупреждения суффозии при проходке строительных котлованов считается предварительное понижение уровня подземных вод откачкой с помощью иглофильтров, закладываемых по периметру котлована. Предупреждение суффозии в основании сооружений достигается мероприятиями, уменьшающими напорный градиент фильтрации, искусственным укреплением песчаных пород и др.

Суффозия может вызвать заиливание и нарушить работу закрытых дренажей, уложенных в песчаные породы. Аналогичные процессы нередко наблюдаются и при откачке подземных вод из скважин. В результате суффозии в скважину вместе с водой поступает через фильтр песок водоносного слоя. Вследствие обвала вышележащих пород вокруг

скважины образуется воронка, нередко достигающая в диаметре нескольких метров. Нарушается работа насосов, деформируются постройки. Основная мера предупреждения суффозии в данном случае – подбор конструкции фильтра, соответствующего гранулометрическому составу водосодержащих пород. Хорошие результаты дает устройство гравийной отсыпки.

Химической суффозией называют процесс растворения или выщелачивания водой горных пород. Химическая суффозия может протекать в течение длительного (геологического) времени. Так выщелачивание железистых кварцитов приводит к вынесу кремнезема и формированию залежей богатых минеральных руд.

Ярким примером химической суффозии является карст. Явление карста выражается в образовании крупных пустот в земной коре, в разрушении и изменении структуры и состояния горных пород, в создании особого режима циркуляции и режима подземных вод, образовании характерного рельефа местности и режима гидрографической сети. В результате карста в породах образуются пустоты и пещеры различных размеров (достигают нескольких десятков километров в длину). Для рельефа характерны карстовые воронки. Они образуются вследствие обрушения кровли карстовых полостей или размыва и выщелачивания породы, просачивающейся поверхностной водой.

Карстовые явления развиваются в областях залегания легкорастворимых пород, к которым относятся в первую очередь (в порядке их распространения) известняки, гипсы, доломиты, мергели и каменная соль. Воды, проникающие в области сложенные легкорастворимыми породами, в той или иной степени содержат в своем составе различные соли, газы и кислоты.

Химическое воздействие протекающей воды с породой может усиливаться или ослабляться в зависимости от состава воды и породы. Так, например, наличие в воде хлористого натрия резко повышает растворимость гипса, а вода, содержащая хлористый магний, практически не растворяет гипс.

Процесс карстообразования может начинаться непосредственно с поверхности в областях питания подземных вод (открытый карст) или же возникать в относительно отдаленных подземных областях распространения вод (закрытый карст). Там, где легко растворимые породы выходят непосредственно на земную поверхность, растворение породы проявляется наиболее резко.

Карст опасен в основании сооружений, так как возможны провалы сводовой части пустот, значительные перетоки по ним воды из рек, водохранилищ и каналов. Поэтому при выборе мест для размещения плотин, водохранилищ и других сооружений следует избегать закарстованных участков.

Если по тем или иным причинам этого невозможно избежать, требуются специальные меры (укрепления карстующихся пород – цементация, битумизация, глинизация, недопущение подземных вод к растворимым породам и др.).

Плывуны. Явление пльвунности выражается в том, что вскрытые водонасыщенные породы приходят в движение, приобретая свойства очень вязкой жидкости. При вскрытии пльвунув траншеей, котлованами, карьерами и другими выработками их стенки начинают оплывать. Чем больше грунта извлекается из выемки, тем большее его количество поступает со стороны дна и стенок. Иногда возникают катастрофические оплывания стенок, при которых перемещаются десятки и сотни тысяч тонн грунта. Истечение пльвунув часто сказывается на очень больших расстояниях от мест вскрытия выемки, вызывая просадки и провалы поверхности.

При бурении скважин вскрытие пльвуна приводит к образованию песчаных пробок. Скважина забивается доверху песком и проходка ее становится невозможной

Пльвун – это состояние рыхлой горной породы, насыщенной водой. В подавляющем большинстве случаев пльвунные свойства присущи очень мелким пескам, включающим некоторое количество пылеватых и глинистых фракций и содержащим органические коллоиды.

Крупнозернистые грунты (средне и крупнозернистые пески, гравий, иногда даже галька) в пльвунное состояние могут перейти только при наличии значительной разности уровней подземных вод в горной выработке или котловане и вне их, когда проявляется взвешивающее действие гидродинамического давления при наличии критического градиента.

Различают истинные пльвуны – пески содержащие гидрофильные коллоиды, и ложные – пески и более крупнозернистые породы, не содержащие коллоидных частиц. Истинные пльвуны переходят в пльвунное состояние при незначительных напорных градиентах и приобретают устойчивые пльвунные свойства. Ложные пльвуны переходят в пльвунное состояние при больших напорных

градиентах, легко отдают воду, после чего не проявляют пльвунных свойств.

К мероприятиям по борьбе с пльвунами относится осушение пород. В пльвуны с водопроницаемостью менее 0,2 м/сут устанавливают иглофильтры, с помощью которых нагнетают воздух, отжимающий из пльвуна воду. Для осушения истинных пльвунов применяется также электродренаж.

Другим способом борьбы с пльвунами является изоляция пльвунов шпунтовыми ограждениями.

Довольно часто для борьбы с пльвунами применяют способ, основанный на использовании сжатого воздуха – проходка пльвунов кесоном.

Существующие электрохимические способы закрепления пльвуна пока не нашли широкого применения.

Весьма эффективным способом борьбы с пльвунами является замораживание, хотя оно и требует большого количества электроэнергии. Этот способ осуществляют путем нагнетания в скважину охлажденного концентрированного хлористого кальция. Пльвун, замерзая, становится твердым и устойчивым. В ряде случаев это почти единственный способ, с помощью которого с пльвунами можно бороться в любых геологических условиях.

6.4. Процессы связанные с деятельностью подземных и поверхностных вод

Из данной группы процессов, в соответствии с учебной программой по дисциплине, рассматриваются просадочные явления в лесах.

Под лесами и лесовидными грунтами понимают породы, сформировавшиеся в условиях засушливого климата и обладающие одним общим свойством – недоуплотненной структурой, не отвечающей напряженному состоянию, в которой эти грунты находятся в условиях естественного залегания. Недоуплотненность обуславливает значительную пористость этих пород, иногда более 50%. Помимо обычной пористости лесовидным грунтам и лессам присуще также наличие крупных пор – макропор, размером иногда более 1 мм, хорошо видимых невооруженным глазом, обычно в виде вертикальных трубочек.

Лессы характеризуются также преобладанием в их составе пылеватых частиц, высокой карбонатностью, быстрой размокаемостью в воде, легкой размываемостью.

Лессы широко распространены на большей части Украины, в центральной и юго-восточной европейской части России, в Закавказье, Средней Азии, Сибири и на Дальнем Востоке; на относительно небольших площадях (район г. Мозыря и др.) встречаются они в Беларуси.

Залегают лессы и лесовидные грунты на водоразделах в виде покрова, плащеобразно перекрывая более древние образования.

Мощность их обычно составляет 15-20м, иногда достигая многих десятков метров. Ввиду значительной распространенности лессы и лесовидные грунты во многих случаях служат основанием самых различных сооружений или средой, где осуществляется строительство дорожных выемок, каналов и других объектов.

Высокая пористость и склонность лессовых пород к просадкам – следствие недоуплотненности их в период образования и последующей геологической истории, что в значительной мере обусловлено недостаточным увлажнением и повышенной испаряемостью, присущей аридной зоне. Увлажнение породы вызывает просадки, происходящие без нагрузки под действием собственной массы породы. Дополнительная нагрузка от массы сооружения усиливает просадки.

Просадочные явления, происходящие под действием поверхностных вод и в орошаемых районах возникают в результате фильтрации воды из каналов, водохранилищ, рек (во время паводков) и при поливах. Деформации, сопровождающиеся снижением прочности пород, обусловлены расклинивающим и смазывающим действием молекул воды, протекающих в местах контактов частиц породы, а также растворением солей.

При интенсивных просадках опускание поверхности земли может достигать 2-2,5м; при этом грунты, оседая, разбиваются трещинами на отдельные блоки. Расположенные на таких участках гидротехнические и другие сооружения вследствие неравномерной осадки деформируются и даже могут разрушиться.

Просадка (при прочих равных условиях) тем больше, чем выше пористость пород и их мощность.

Наиболее просадочны лессовые породы в районах пустынного и полупустынного климата. Меньшая интенсивность просадок характерна для степных районов, где осадков выпадает больше.

На просадки резко влияет глубина залегания уровня грунтовых вод. Просадочность пород тем больше, чем глубже залегают грунтовые воды (при равных других условиях). На участках с близким залеганием уровня грунтовых вод, что характерно для многих районов Беларуси, лессовые породы могут быть непросадочными, так как в результате увлажнения капиллярным подтоком влаги они уже испытали просадку.

В естественных условиях при малой влажности лес и лессовидные грунты обладают значительной механической прочностью и устойчивостью в откосах, сохраняя вертикальное положение при высоте откоса более 10м.

Чтобы предохранить сооружения, возводимые на просадочных грунтах, от различных деформаций, необходимо заранее знать степень их просадочности, в соответствии с чем осуществляются различные защитные мероприятия, обеспечивающие устойчивость сооружений на весь срок их эксплуатации.

В условиях строительства на площадках, сложенных лессовыми породами, проводят ряд мероприятий по предохранению сооружений от возможных просадок. Наиболее эффективным является уничтожение свойств просадочности в массиве просадочного грунта, являющегося основанием сооружения. К таким мероприятиям относится уплотнение тяжелыми трамбовками, глубинное уплотнение грунтовыми сваями, химическое или физическое укрепление грунта основания.

При строительстве на малых толщах просадочных пород можно ограничиться подрезкой всей просадочной толщи и опиранием сооружения на непросадочные породы. При малых значениях относительной просадочности можно ограничиться предохранением оснований сооружений от замачивания. Это достигается планировкой и отводом дождевых и талых вод с поверхности площадки, водоотводными каналами и другими мероприятиями. Нередко повышение устойчивости сооружений, построенных на просадочных грунтах, достигается предварительным интенсивным замачиванием этих грунтов.

6.5. Влияние выветривания на инженерно-геологические свойства пород

Выветривание – это экзогенный геологический процесс механического разрушения и химического преобразования минералов и горных пород, происходящих в верхней части земной коры под воздействием атмосферы, гидросферы и живых организмов.

Различают три типа выветривания: физическое, химическое и органическое, которые тесно связаны друг с другом, действуют совместно и одновременно. Интенсивность проявления каждого из этих процессов неодинакова, она зависит от климатических, гидрогеологических и геоморфологических условий, состава, состояния и условий залегания горной породы и ряда других факторов.

Физическое выветривание обусловлено главным образом суточными и сезонными колебаниями температур. Различают температурное и морозное выветривание.

Температурное выветривание – это разрушение породы под воздействием колебаний температуры, обусловленное различиями теплофизических свойств минералов, входящих в состав горной породы. При морозном выветривании разрушение горной породы происходит под действием механических усилий, возникающих при образовании кристаллов льда из воды, заключенной в пустотах горной породы.

Механическое разрушение горных пород происходит также за счет объемных деформаций некоторых минералов при их гидратации (кристаллизационное растрескивание), при росте корневой системы растений и деятельности роющих животных.

В результате физического выветривания происходит раздробление горных пород и образование отчлененных массивов, глыб щебня и дресвы. Мощность зоны механического дробления изменяется главным образом в зависимости от континентальности климата и составляет от 1 до 10 м.

Из всех свойств и особенностей горных пород, влияющих на скорость физического выветривания, наибольшее значение имеют следующие:

1) минералогический состав – полиминеральные горные породы разрушаются легче, чем мономинеральные;

2) строение горной породы – плотно сложенные породы мелкозернистого строения более стойки против физического выветривания, чем породы пористые, крупно-и неравномернозернистые;

3) сложение горной породы – породы массивного сложения более стойки против выветривания, чем сланцеватые;

4) трещиноватость – с увеличением трещиноватости скорость выветривания возрастает;

5) водно-физические свойства горной породы – породы с высокой влагоемкостью и слабой водотдачей легче подвергаются интенсивной десквамации (шелушению) и морозному выветриванию.

Скорость выветривания, как правило, возрастает по мере того, как увеличиваются различия между термодинамическими условиями образования горной породы и теми условиями, в которых протекают процессы выветривания. Поэтому осадочные породы разрушаются медленнее, чем магматические, и в особенности метаморфические.

Химическое выветривание как результат взаимодействия горных пород с химически активными элементами атмосферы и гидросферы включает процессы окисления, гидратации, растворения и гидролиза.

Окисление происходит наиболее интенсивно под действием инфильтрационных вод, содержащих заимствованные из воздуха, растворенные кислород и углекислый газ, а также органические кислоты, приобретенные в результате взаимодействия с почвенно-растительным покровом. Характерным примером окислительных процессов является взаимодействие кислорода и воды с сульфидом железа, в результате которого появляется наиболее устойчивое соединение железа в окислительной зоне – лимонит и другие минералы из группы гидроокисей железа.

Гидратация – явление поглощения минералами воды. При гидратации вода входит в структуру минерала, вследствие чего в минералах возникают значительные микронапряжения и деформации, сопровождающиеся развитием интенсивной трещиноватости. Примером гидратации является превращение ангидрита в гипс.

Растворение в гидролиз протекают при совместном воздействии на породу воды и углекислоты, при растворении минеральное вещество переходит в раствор.

Повышение температуры, насыщение воды углекислотой и появление в составе воды сильных кислот (серной,

фтористоводородистой) увеличивают концентрацию водородных ионов и усиливают растворяющую способность воды. По степени растворимости минералов различают:

- 1) легкорастворимые – каменная соль, гипс, сильвинит, карналлит;
- 2) растворимые – кальцит, доломит;
- 3) слаборастворимые – силикаты.

Большое влияние на скорость растворения оказывает трещиноватость, структура и текстура пород, а также скорость циркуляции подземных вод. Процессы растворения способствуют увеличению общей скважности пород, а в соленосных, гипсоносных и карбонатных породах вызывают образование карстовых пустот.

Интенсивность химического выветривания зависит от климата, рельефа и типа пород. В тропических областях она в 2 – 4 раза энергичнее, чем в сухих и холодных. Для продуктов химического выветривания характерен пелитовый состав.

Органическое выветривание – это процесс изменения пород при воздействии низших (бактерии, водоросли, грибки, мхи, лишайники) и высших растений и животных. Главным продуктом органического выветривания являются почвы.

В верхней зоне земной коры, где горные породы и минералы в той или иной степени изменены процессами выветривания, образуется кора выветривания, мощность которой определяется условиями проникновения агентов выветривания и может достигать 50 – 100 м и более. Степень выветривания горных пород ослабевает с глубиной.

Основная часть продуктов выветривания уносится с территории их образования водой, ветром, ледниками и другими факторами переноса. Небольшая часть продуктов выветривания остается на месте и в результате диагенеза образует комплекс грунтов, залегающий непосредственно на материнской породе и называемый элювием, или элювиальными отложениями. Они различны по размеру частиц – от крупных обломков пород до глинистых фракций.

Как уже отмечалось, процесс выветривания начинается с поверхности земли и протекает менее интенсивно с приближением к кровле материнской породы. Поэтому степень выветрелости материнской породы уменьшается с глубиной, а переход элювия в материнскую породу обычно постепенный. Условия залегания и мощность элювия различны: нередко мощность существенно

изменяется на расстоянии нескольких метров. Минимальная мощность элювия наблюдается на склонах, где он легко разрушается в процессе формирования, максимальная – в понижениях рельефа.

В толщах грубообломочных и некоторых песчаных отложений породы элювия очень мало отличаются от материнских как по внешнему виду, так и по физико-механическим свойствам. В глинистых же породах элювий обычно легко выделяется по окраске, а также по включениям гипса, кальцита и других продуктов выветривания, порой заметно ухудшая инженерно-геологические свойства пород.

Продукты выветривания пород, смываемые со склонов (плоскостной смыв) и накапливающиеся у их подножья, называются делювием. Эти отложения различны по крупности и в большинстве случаев характеризуются неотсортированностью. Делювиальными могут быть суглинки, щебень, пески и другие отложения. На склонах процессы образования элювия и делювия нередко идут параллельно, и разделить эти два вида отложений подчас невозможно. Такие комплексные отложения называются элювиально-делювиальными.

Процессы выветривания – важнейший фактор формирования инженерно-геологических свойств пород самой верхней части земной коры, с которой больше всего связана инженерно-строительная деятельность человека. Все изменения, которые претерпевают породы в процессе выветривания, можно объединить в следующие группы: а) дробление, б) цементация, в) разложение первичных материалов, г) образование вторичных минералов, д) увлажнение или высушивание.

Изменение породы сопровождается существенным изменением физико-механических свойств. Как правило, выветривание снижает прочность пород. Однако в отдельных случаях в коре выветривания может происходить увеличение прочности пород за счет цементации рыхлых продуктов выветривания.

Выветривание существенно увеличивает трещиноватость пород. В результате они становятся водопроницаемыми. Поскольку интенсивность выветривания пород уменьшается сверху вниз, основания инженерных сооружений приходится иногда заглублять, причем выветрелые элювиальные породы удаляют. Для повышения прочности и уменьшения водопроницаемости группы элювиальных пород в зависимости от степени трещиноватости применяют искусственную цементацию оснований сооружений.

При выборе материала для инженерных сооружений следует учитывать степень устойчивости пород против выветривания. С этой точки зрения магматические породы крупнозернистой и особенно порфировой структуры, а также метаморфические сланцы менее благоприятны, чем магматические породы мелкозернистой и скрытокристаллической структуры, кварциты и мраморы.

Для делювиальных пород (суглинков и супесей) характерно прежде всего то, что отложенные продукты генетически не связаны с подстилающими породами, так как являются наносными, принесенными с верхних частей склона. Отсортированность и слоистость делювиальных наносов незначительна, причем сверху склона залегают более крупные частицы, а снизу более мелкие. Просачивание дождевых вод через толщу отложений делювия до коренных подстилающих пород вызывает появление характерной вертикальной пористости, напоминающее вертикальную пористость лесов. Поэтому глинистые делювиальные отложения часто относят к группе лесовых пород. Отсутствие генетической связи между делювием и подстилающими породами, а также наличие водной смазки на поверхности контакта между ними снижает сцепление грунтов на данной границе, что может явиться причиной смещения отложенных пород.

Комплекс рыхлых образований, накапливающийся у подножья гор в результате смыва временными горными потоками (безрусловые потоки со склонов) обломочного материала, возникающего при выветривании слагающих эти горы коренных пород, называют пролювием. Пролувий характеризуется плохой сортированностью и слабой окатанностью обломков; он образует конусы выноса, которые могут сливаться в одну полосу, окаймляющую подошву гор.

Различия в мощности, времени действия и направлении водных потоков определяют различие в свойствах отложенных ими пород. При достаточно близком минералогическом составе различные типы отложений текучих поверхностных вод обладают различными инженерно-геологическими свойствами, что в определенной мере присуще и делювию. Это следует учитывать при проектировании и возведении сооружений.

Огромное влияние на инженерно-геологические свойства пород оказывает трещиноватость, образовавшаяся в результате происходивших процессов выветривания. Данный вид трещиноватости следует отнести к группе экзогенной естественной

трещиноватости. Наиболее активно она проявилась в корях выветривания.

Вследствие изменения условий выветривания с глубиной наблюдается вертикальная зональность коры выветривания. Отдельные зоны коры выветривания отличаются друг от друга по степени трещиноватости, раздробленности и интенсивности химического изменения горных пород. Н.В. Коломенский рекомендует выделять в коре выветривания четыре зоны (начиная с грунтов, залегающих на материнском основании): монолитная зона; глыбовая зона; мелкообломочная или щебнистая зона; зона полного дробления. Наиболее активно трещиноватость выветривания сохранилась в глыбовой зоне.

Для глыбовой зоны характерны трещины выветривания, разбивающие массив на отдельные глыбы. Химико-минералогический состав пород этой зоны почти не отличается от состава материнских пород, но физико-механические свойства их различаются существенно. Особенно изменяются водопроводящие свойства; коэффициенты фильтрации достигают сотен метров в сутки. Сопротивление сдвигу и сжатию, с удалением от материнских пород, продолжают уменьшаться. На стенках трещин имеются примазки, а сами трещины зачастую заполнены занесенными сверху продуктами выветривания. Снизу вверх размер глыб постепенно уменьшается от нескольких метров до 10 сантиметров.

Наличие трещин в нижней части коры выветривания является важным фактором, определяющим состояние породы и ее свойства в массиве. Как мы уже отмечали, трещины нарушают монолитность породы, расчленяют ее на различные отдельности, определяют направления ослабленных зон, пути движения подземных вод, наиболее вероятные подвижки массивов выветрелых пород и отдельных блоков породы в откосах и горных выработках. Трещины влияют на устойчивость пород, их газопроницаемость, водопроницаемость, степень обводненности и разрабатываемости пород, на проходку буровых скважин, вынос керна. Степень и характер трещиноватости определяют организацию производства строительных работ. Поэтому изучение трещиноватости выветрелых горных пород является важной составной частью общего комплекса полевых и лабораторных исследований для оценки физико-механических свойств породы, прогноза возникновения инженерно-геологических процессов при взаимодействии пород с сооружениями,

для разработки мероприятий по улучшению свойств породы и составления проектов организации инженерно-строительных работ.

7. ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

7.1. Состав и задачи инженерно-геологических исследований

Инженерно- геологические исследования проводятся главным образом для обоснования проектирования различных видов строительства, разведки и эксплуатации месторождений полезных ископаемых, а также для осуществления других различных инженерных мероприятий. Основными задачами инженерно-геологических исследований являются: изучение геоструктурных, геоморфологических и гидрогеологических условий, современных геологических процессов; определение свойств горных пород, обосновывающих рентабельное проектирование строительства и нормальную эксплуатацию инженерных сооружений. К числу важнейших факторов, изучаемых при инженерно- геологических исследованиях, относятся: распространение, условия залегания, генезис, возраст, мощность, инженерно-геологические свойства горных пород, состав и свойства приуроченных к ним подземных вод, все виды современных геологических и инженерно- геологических процессов. Явления и процессы, являющиеся результатом взаимодействия геологической среды с инженерным сооружением, носят название инженерно- геологических.

При инженерно- геологических исследованиях должны быть получены необходимые геологические данные для оценки места строительства и размещения на нем сооружений, для выбора и расчета конструкций сооружений и для установления режима его эксплуатации. Для проектирования защитных мероприятий необходимо выявить современные геологические процессы, угрожающие сооружению или хозяйственной жизни района. Результаты инженерно-геологических исследований должны обеспечить возможность количественного прогноза взаимодействия сооружений со средой, т.е. возможных величин осадки зданий и фильтрационных потерь воды из каналов и водохранилищ, размеров разрушения (переработки) берегов водохранилищ и др. Следует учитывать также возможную эффективность мероприятий, защищающих территорию, на которой расположено сооружение, и

само сооружение от разрушительного действия современных геологических процессов.

Характерной особенностью изучения горных пород в инженерно-геологических целях является оценка их способности сопротивляться механическому, физическому и другим видам воздействия (давлению, сдвигу), определение водопроницаемости пород, их способности сохранять и соответственно менять свои свойства, когда они становятся объектом инженерной деятельности человека.

Процесс проектирования делится на ряд последовательных стадий, различных при разных видах строительства в зависимости от сложности сооружений и возможности использования при проектировании типовых конструкций. Пользоваться инженерно-геологическими данными рекомендуют при проектировании сооружений для того, чтобы обосновывать:

- 1) выбор места, наиболее благоприятного по геологическим условиям для размещения и строительства сооружения;
- 2) соответствующие принципиальные требования в отношении типов конструкций и методов работ при возведении сооружений и их эксплуатации;
- 3) мероприятия, которые могут улучшить инженерно-геологическое использование местности.

Для решения этих вопросов производят инженерно-геологические подготовительные, полевые и камеральные работы.

Подготовительные работы включают изучение района по имеющимся архивным, фондовым и литературным материалам, а также организацию работ и подготовку к выезду в поле.

В полевые работы входят: инженерно-геологическая съемка, буровые и горно-разведочные работы в сочетании с геофизическими, ландшафтно-геологическими, радиоактивными и другими методами исследований; опытные полевые и лабораторные работы и обработка полевых материалов. Лабораторные работы предусматривают изучение состава, состояния и свойств горных пород, определение агрессивности и коррозионности подземных вод по отношению к металлическим и бетонным конструкциям.

Камеральные работы состоят в обработке материалов полевых исследований и составлении отчетов (заключений).

При инженерно-геологической характеристике горных пород очень важно установить их принадлежность к геологическим

формациям, структурным этажам, геолого-генетическим комплексам, инженерно-геологическим группам и более мелким подразделениям пород (в зависимости от степени детальности масштаба), а также выявить приуроченность к ним подземных вод и современных геологических процессов.

7.2. Инженерно-геологические изыскания для строительства трубопроводов

Трубопроводы предназначены для транспортирования жидкостей, газов, суспензий и эмульсий. Соответственно различают:

- 1) водопроводы, нефтепроводы и нефтепродуктопроводы;
- 2) газопроводы и паропроводы;
- 3) рассолопроводы, шламопроводы, хвостопроводы и канализационные трубопроводы

Согласно инструкциям, газопроводы, нефтепроводы и нефтепродуктопроводы разделяются на магистральные трубопроводы, ответвления от магистральных трубопроводов и разводящую сеть.

Трубопроводы делают из стали, чугуна, железобетона, бетона, асбоцемента, керамики, пластмассы. Выбор материала и определение класса прочности труб производят с учетом степени агрессивности пород, грунтовых вод и транспортируемого материала, учитываются также условия работы трубопровода. Трубопроводы укладывают под землей ниже глубины сезонного промерзания пород, располагая их по возможности параллельно рельефу местности.

Трубопроводы характеризуются незначительной удельной нагрузкой на основание, обычно не превышающей $0,2 \text{ кг/см}^2$, но они отличаются высокой чувствительностью к механическим и температурным деформациям, которые могут вызвать осевые перемещения с повреждением стыковых соединений. Расчет трубопроводов производится с учетом прочности основания, веса пород засыпки или насыпи, глубины сезонного и наличия постоянного промерзания пород, сейсмичности, блуждающих электрических токов, а также временных нагрузок, возникающих при пересечении железных и автомобильных дорог.

В целях наблюдения, переключения и ремонта на трубопроводах устанавливается различная арматура, для чего при их подземной прокладке устраивают специальные колодцы. Вдоль трубопроводов

для обслуживания отдельных участков возводят насосные, наблюдательные и компрессорные станции, резервуары, водонапорные башни. Переходы трубопроводов через естественные и искусственные препятствия проектируют подземные, подводные или надземные.

Инженерно-геологические исследования трасс трубопроводов проводят в две стадии – для проектного задания и для рабочих чертежей. По наиболее крупным и сложным объектам до составления проектов выполняют рекогносцировочные обследования с целью технико-экономического обоснования (ТЭО) целесообразности строительства или реконструкции трубопровода.

Состав и содержание инженерно-геологических исследований для каждой стадии проектирования строительства трубопроводов и связанных с ними зданий и сооружений определяются инструкциями Госстроя по инженерным изысканиям.

Инженерно-геологические исследования для проектного задания производят с целью обоснования выбора варианта трассы трубопровода. В состав инженерно-геологических исследований на этой стадии входят следующие работы: сбор и изучение фондовых и литературных материалов; полевые обследования (рекогносцировка) вариантов трассы в полосе шириной в среднем 500 м с изучением неблагоприятных участков и дешифрированием имеющихся аэрофотоматериалов; определение коррозионной активности грунтов и агрессивности грунтовых вод; выявление блуждающих электротокков.

На участках трассы с оползневыми косогорами, развитием молодого карста или другими неблагоприятными современными геологическими явлениями производят аэрогеологическое обследование и аэрофотосъемку в масштабе 1: 10 000 – 1: 2000. По переходам через крупные реки и горные хребты, а также на участках с широким развитием неблагоприятных современных геологических явлений инженерно-геологические исследования выполняются по специальным программам. Отчетные материалы включают сравнительную инженерно-геологическую характеристику вариантов трассы трубопровода, иллюстрируемую инженерно-геологическими картами и разрезами, а также рекомендации по наиболее благоприятному в инженерно-геологическом отношении варианту трассы.

Инженерно-геологические исследования для рабочих чертежей производят по окончательно выбранной трассе трубопровода, в

основном с целью уточнения данных, полученных на стадии проектного задания, с учетом конструктивных особенностей трубопровода и связанных с ним зданий и сооружений.

Инженерно-геологические исследования включают: проходку разведочных выработок по трассе и на площадках сооружений; дополнительное и контрольное обследование участков индивидуального проектирования и отдельных переходов; лабораторные исследования грунтов; определение коррозионной и агрессивной активности пород и подземных вод. Количество разведочных выработок по трассе задается в зависимости от местных условий, в среднем две на 1 км. Глубина выработок в обычных условиях, согласно инструкциям, принимается 3 – 5 м.

На переходах через реки, растущие овраги и большие ущелья, кроме основного створа, обследуют также створы для резервных ниток на расстоянии от 30 до 100 м от основного створа в зависимости от ширины перехода и диаметра трубопровода. Разведочные выработки задают: по створам через 100 м – на пойме (но не менее двух на каждом берегу), по одной на урезах и через 100 – 150 м в русле (но не менее двух). Для выявления границ скальных, илистых или торфяных грунтов закладывают дополнительные выработки.

В районах со сложными инженерно-геологическими условиями наряду с обычными исследованиями проводят специальные. Так, в оползневых районах устанавливают причины древних и современных нарушений устойчивости отдельных участков склонов, выясняют роль подземных вод и других факторов в образовании оползней, устанавливают динамику развития оползней, а также оценивают устойчивость исследуемой территории в связи с намечаемым строительством. По трассе трубопровода выявляют участки склонов с различной степенью опасности нарушения устойчивости и определяют мероприятия, обеспечивающие устойчивость склона.

В состав исследований входит: изучение тел имеющих оползней при помощи геолого-съемочных, геофизических, буровых, горнопроходческих, лабораторных и других видов работ; изучение свойств пород и режима подземных вод; наблюдения за подвижками оползня, а также расчеты устойчивости склона. Глубина разведочных выработок назначается в зависимости от мощности оползневого тела.

В карстовых районах изучают морфологию и возраст карста; устанавливают возможность образования провалов или просадок;

выявляют участки, наименее подверженные карстовым процессам; определяют мероприятия, обеспечивающие безопасность строительства и эксплуатации трубопровода; собирают сведения об опыте строительства и эксплуатации существующих сооружений; проводят геолого-съёмочные, буровые, горнопроходческие, геофизические, опытные фильтрационные и лабораторные работы. Разведочные выработки по трассе закладывают, как правило, через 500-300 м, глубина их определяется программой и зависит от глубины распространения карста. На основании результатов исследований по трассе трубопровода оконтуривают участок с различной степенью закарстованности, на которых: а) строительство запрещено; б) строительство разрешается без проведения специальных мероприятий; в) строительство разрешается после осуществления специальных мероприятий. Для обхода трассой наиболее закарстованных участков требующих проведения особо сложных мероприятий, изыскивают новые участки трассы.

В районах развития многолетней мерзлоты при инженерно-геологических работах в летнее время проводят специальные мерзлотно-грунтовые исследования с целью установления глубины залегания и характера рельефа верхней поверхности многолетней мерзлоты; типа мерзлоты (сплошная, слоистая); мощности слоя многолетней мерзлоты (по возможности); состава и льдистости мерзлых пород; термического режима деятельного слоя; степени пучинистости пород деятельного слоя; сжимаемости мерзлых пород при оттаивании; наличия наледей и т. п. Помимо получения общих инженерно-геологических сведений по участку трассы, обязательных при исследованиях в талых породах, собирают и систематизируют результаты изысканий прошлых лет, характеризующие многолетнюю мерзлоту в районе, опыт строительства и эксплуатации существующих сооружений, а также сведения о термокарсте, солифлюкции, оползнях и других явлениях, связанных с многолетней мерзлотой.

При инженерно-геологической съёмке особое внимание следует обращать на мерзлотные формы микрорельефа – бугры пучения, термокарстовые понижения, солифлюкционные террасы и др. Буровые работы проводят с применением специальных наконечников для разбуривания льда. Во избежание нарушения термического режима, колонковое бурение, как правило, не применяют. Кроме обычных инженерно-геологических свойств пород определяют

степень просадочности твердомерзлых и пластичномерзлых пород, а также плотность песчаных твердомерзлых и сыпучих мерзлых пород. Согласно инструкциям, разведочные выработки по оси трассы задают в среднем через 300 м.

В сейсмических районах инженерно-геологические исследования трасс трубопроводов включают уточнение сейсмичности района с точностью до одного балла и составление карт сейсмического микрорайонирования в масштабах 1: 5 000 – 1: 25 000.

В районах развития просадочных пород в дополнение к обычным инженерно-геологическим исследованиям устанавливают категорию и мощность просадочных пород до глубины залегания грунтовых вод или до кровли слоя непросадочных пород, но не глубже чем на 10 -15 м (за исключением особых случаев). На инженерно-геологических картах трасс трубопроводов выделяют участки распространения просадочных пород и участки развития лессового «карста». Составляют карту просадочности с указанием категории просадочности, устанавливают степень опасности просадочных процессов для проектируемого трубопровода и приводят рекомендации по проведению мероприятий, предупреждающих возникновение возможных деформаций при искусственном или естественном замачивании пород.

В районах распространения засоленных и солонцеватых пород изучают вопросы, связанные с прогнозом выщелачивания и изменения физико-механических свойств засоленных пород при длительной фильтрации воды, характер агрессивного и корродирующего воздействия пород и вод на бетонные и металлические трубы и возможных деформаций основания. В районах с одинаковой степенью засоленности пород выработки размещают через 300 – 500 м и задают их глубину 3 – 5 м, при переменной степени засоленности выработки сгущают.

При проектировании трасс трубопроводов на берегах морей, озер и водохранилищ изучают процессы переработки берегов и подпора грунтовых вод, устанавливают зоны возможной активизации современных геологических процессов и обосновывают мероприятия по предохранению трассы трубопровода от вредного воздействия переработки берегов и подтопления грунтовыми водами.

В горных районах особое внимание должно быть уделено изучению современных геологических процессов: возможности возникновения селей, оползней, осыпей, обвалов, снежных лавин и

мерзлотных явлений. Выявляют степень опасности этих процессов и оконтуривают возможные зоны их воздействия на трубопроводы. Выявляют также наименее опасные участки для прокладки трубопровода, расположенные вне зоны динамического удара лавин, на прямолинейных и хорошо разработанных участках ущелий, где можно не опасаться образования заторов и изменения русел водотоков.

На заболоченных территориях изучают условия образования болота, устанавливают его тип, геологическое строение, состав и рельеф минерального дна; уточняют условия залегания грунтовых вод и характер питания болота; определяют химический состав грунтовых вод, физические свойства болотных образований, их ботанический состав, степень разложения; выясняют условия проходки траншеи для укладки трубопровода.

Выработки закладываются в полосе шириной 400 м по сетке в среднем 100x100 м. В минеральные грунты, подстилающие болото, скважины углубляют до 2 м. В обычных условиях предельная глубина скважин 10 – 15 м.

7.3. Полевые и лабораторные исследования грунтов

Для изучения и оценки инженерно-геологических свойств горных пород применяют геологические, полевые и лабораторные методы.

Геологические методы заключаются в изучении возраста, происхождения, характера, состава и мощности горных пород непосредственно в условиях их естественного залегания. При этом в полевых условиях описывают естественные обнажения горных пород, бурят скважины, проводят проходку шурфов и штолен для отбора образцов и осмотра горных пород, выполняют геофизические исследования, определяют выдержанность состава и мощности пород в разрезе и по площади, изменения степени трещиноватости и т.д.

Полевые методы основаны на использовании специальных установок, позволяющих оценить деформационные и прочностные свойства пород в условиях их естественного залегания.

Характеристика сжимаемости песчаных и глинистых пород в полевых условиях могут быть определены разными методами. Наиболее распространенными из них является метод опытных нагрузок в шурфах и скважинах. Он заключается в том, что с

помощью тех или иных приспособлений создается нагрузка на жесткий штамп, установленный на забое шурфа или скважины и измеряется деформация от нагрузок пород под штампом. Располагая данными о деформации пород, отвечающих разным степеням нагрузок, рассчитывают модуль деформации пород. Для испытания грунтов в шурфах используют круглые штампы площадью $5\ 000\ \text{см}^2$, для испытания в скважинах – круглые штампы площадью $600\ \text{см}^2$.

Для оценки деформационных и прочностных свойств песчано-глинистых пород в скважинах применяют прессиометрию. Метод заключается в измерении осадки грунта, вскрытого в стенке скважины под давлением, которое создается высоконапорным газовым баллоном, заполненным углекислотой или сжатым воздухом. Для измерений используют прессиометр – прибор в котором давление газа, через воду, заполняющую систему, передается на породу, вскрытую скважиной. Замеры деформации пород при различных задающихся давлениях проводят через 2 минуты в течение примерно 20 минут до условий стабилизации осадки, затем задают следующую степень нагрузки. По данным испытаний вычисляют модуль деформации.

Прессиометрия пригодна для испытания сравнительно однородных и изотропных по своим деформационным характеристикам горных пород. При резко выраженной анизотропии данные, полученные при испытаниях, будут характеризовать сжимаемость пород поперек слоистости. Это следует учитывать при проектировании опытных работ.

Опытные сдвиги, обрушения и выпирания целиков породы в горных выработках и строительных котлованах выполняют с целью определения на месте: прочностных характеристик неоднородных пород, из которых невозможно отобрать образцы ненарушенного сложения (трещиноватые или слабосвязанные песчано-глинистые породы); показателей прочности, которые при лабораторных способах их определения недостоверны (глинисто-щебнистые или песчано-гравийные отложения, плотные трещиноватые глинистые породы с ясно выраженной структурой, сильно неоднородные песчано-глинистые отложения).

Сопротивление сдвигу скальных пород полевыми методами определяется сравнительно редко. Сопротивление сдвигу определяется по плоскости блока породы. Для создания вертикальной и сдвигающей нагрузок применяют мощные гидравлические

домкраты. В каждом случае такие испытания проводят по специально разработанной программе, учитывающей условия работы данного сооружения и скальных оснований.

Прочность выветренных скальных пород, полускальных, песчано-глинистых с обломками, глинисто-щебнистых пород и галечников определяют методом сдвига, обрушения и выпирания призм или методом раздавливания целиков пород. Обрушение, сдвиг и выпирание призм пород размером 50 x 50 x 70 см в зависимости от цели его испытания могут производиться по плоскости напластования нормально к ней или под различными углами.

Прочность нетрещиноватых глинистых пород, из которых сравнительно легко может быть вырезан монолит, определяется срезом монолита в полевом приборе той или иной конструкции или путем сдвига цилиндров породы в шурфе или штольне.

В последнее время для исследования прочности иловатых или пластичных глинистых пород, залегающих на глубинах до 20 м довольно широко применяется крыльчатое зондирование.

Рабочий орган любого крыльчатого зонда состоит из двух – четырех лопастей, которые вдавливаются в забой или стенку скважины, а затем поворачиваются. При повороте лопастей измеряется крутящий момент. Зная величину момента и размеры лопастей рассчитывают сопротивление сдвигу.

Для полевых исследований свойств песчано-глинистых пород используется метод зондирования (пенетрации), основанный на зависимости между сопротивлением горных пород внедрению наконечника и трением по боковой поверхности зонда с одной стороны, и физико-механическими свойствами пород – с другой. В зависимости от способа погружения наконечника (вдавливание, забивка) различается две модификации метода зондирования: статическая и динамическая. Глубина статического и динамического зондирования в отдельных случаях (при обсадке стенок зондировочной скважины) достигает 60 м.

Применение зондирования при инженерно-геологической съемке позволяет сократить объем разведочных и геофизических работ без снижения качества инженерно-геологической информации. В частности оно может заменить часть дорогого и малопроизводительного бурения. Так, статическое зондирование может быть использовано для оценки несущей способности естественных оснований, определении величины критической

нагрузки и глубины забивки свай, для исследования состояния пород в основании сооружений и контроля за качеством проведения работ по отсыпке и намыву земляных сооружений.

Лабораторными методами изучают свойства пород на образцах в лабораторных приборах.

Отбор проб для проведения лабораторных исследований производят тремя методами: точечным, бороздовым и валовым.

Точечный метод заключается в отборе нескольких образцов небольшого размера с небольшого участка слоя породы. При бороздовом способе образцы проб отбираются сплошь, обычно вкрест простирания слоя. Валовый метод – это собственно, исследование всех образцов, извлеченных из скважин и выработок.

Необходимо всегда придерживаться определенных правил отбора, хранения, консервации и транспортировки проб пород, а также установленных практикой размеров образцов.

Лабораторные исследования проводят для литологического расчленения; определения прочностных и деформационных характеристик пород и установления по ним расчетных показателей; выяснения специфических свойств отдельных пород, представляющих опасность для нормальной работы сооружения (засоленность, размываемость, суффозионная неустойчивость и др.).

Пробы подземных и поверхностных вод используются для определения их агрессивности по отношению к бетону и металлическим конструкциям, а также степени их минерализации и химического состава, что необходимо прежде всего для решения вопросов водоснабжения, осушения и орошения.

Лабораторные исследования свойств пород выполняют до и во время проведения полевых испытаний.

Характеристика физико-механических свойств и гранулометрического состава, полученная в результате лабораторных исследований, широко используется в инженерно-геологических расчетах. Они входят в целый ряд формул как расчетные или применяются для различного рода классификаций как классификационные.

К числу классификационных относятся такие показатели как гранулометрический состав, число пластичности, показатель консистенции, показатели набухания, размокания, степень водонасыщенности, коэффициент относительной просадочности и др.

Косвенные характеристики используются для приближенной оценки свойств пород: плотность, объемная масса скелета грунта, влажность, пористость, пластичность, максимальная молекулярная влагоемкость и др.

Прямые показатели, используемые непосредственно для расчета сооружений (например для определения осадки сооружений, расчета устойчивости подпорных стенок и откосов искусственных выемок и др.), - коэффициент уплотнения, объемную массу, временное сопротивление сжатию, угол естественного откоса, сцепление и угол внутреннего трения, коэффициент фильтрации и др.

При изучении скальных пород основное значение имеет определение степени выветрелости их и трещиноватости. Важно учитывать размеры трещин, характер цемента, растворимость его в воде.

Для песчаных пород определяют однородность их по гранулометрическому составу, распределение нередко содержащихся в их толще глинистых прослоек.

При оценке глинистых пород основное внимание уделяют определению их гранулометрического состава, количественному содержанию различных глинистых минералов (монтмориллонит, каолинит, гидрослюда), объемной массе, плотности, пластичности, естественной влажности, степени природного уплотнения, сжимаемости под нагрузкой, показателей прочности и др. Для глинистых грунтов, используемых в качестве оснований сооружений, механические свойства (сжимаемость и прочность) в лабораторных условиях устанавливают на образцах естественной структуры и влажности (на монолите), вырезаемых в шурфах, штольнях или отбираемых специальными грунтоносами в скважинах.

Многие из вышеперечисленных показателей свойств грунтов определяют и в полевых условиях. При камеральной обработке полученных материалов производится их сопоставление и детальный анализ с целью выделения наиболее достоверных данных.

7.4. Камеральная обработка полевых материалов

Камеральные работы являются завершающим этапом изысканий. От качества и глубины проработки полевого изыскательского материала зависит большая или меньшая степень обоснованности принятых в проекте решений. Поэтому камеральные

работы являются важным элементом инженерно-геологических изысканий. На них затрачивается немало времени. Причем не только в связи с большим объемом чисто технической работы – составлением карт, разрезов, графиков, сводных ведомостей результатов исследований и т.д. , но и, главным образом, в связи с составлением отчета об изысканиях. Ошибка в отчете, неправильная интерпретация условий геологического строения и механизма формирования геологической структуры могут в лучшем случае привести к удорожанию стоимости сооружения, но могут привести и к его аварии.

В связи с региональной геологической разработкой территориальных комплексных схем охраны природы камеральные работы по материалам, полученным на предварительных этапах изысканий (внестадийных) к проектам строительства, по существу своему сводятся к анализу инженерно-геологических и гидрогеологических условий изучавшейся территории. На основе анализа дают рекомендации о наиболее перспективных участках строительства с экологической точки зрения.

Отчет о предпроектных изысканиях является исключительно ответственным документом, так как закладывается в основу реализации проектного замысла и, следовательно, всех последующих изысканий и проектных работ. В этих отчетах дается не только геологическая характеристика изучаемой территории, но и рациональное ее использование в условиях взаимодействия с сооружением.

При составлении программы на производство инженерно-геологических изысканий следует обосновать объем, содержание и состав, задачи и план камеральных работ. Следует учесть необходимость сбора, систематизации и изучения фондового и литературного материала, в особенности на предпроектном этапе изысканий, графической обработки полевых данных, производства расчетов (коэффициентов фильтрации, удельных водопоглощений, расчетных показателей грунтов и т.д.).

Составление отчета и обработка полевого материала требует почти половину того времени, которое затрачивается на производство полевых работ и поэтому должно быть учтено в смете расходов.

При составлении отчета об изысканиях особое место отводится описанию методики производства отдельных видов работ. Для этого уже в процессе выполнения полевых работ возникает необходимость

в их документации и камеральной обработке. Только в этом случае можно достигнуть целесообразного и методически однозначного решения поставленной задачи.

Камеральные работы, выполняемые после окончания изысканий, являются важной составляющей окончательного отчета, так как содержат материалы, необходимые на всех стадиях проектирования.

Первичную обработку материалов полевых исследований и составление полевого отчета выполняют параллельно с полевыми работами, чтобы обеспечить своевременное внесение необходимых изменений в проект исследований, а также разрешить отдельные неясности и противоречия в первичных результатах исследований.

Полевой отчет содержит фактические сведения о составе, сроках и объемах полевых исследований, о степени выполнения проекта работы в целом и по видам работ. Основное внимание в полевом отчете должно быть обращено на освещение геологических результатов и новых данных об инженерно-геологических условиях изучаемой территории. К полемому отчету прилагаются полевые карты и разрезы, а также план и графики окончательных камеральных работ.

В процессе окончательной камеральной обработки систематизируют, проверяют и обобщают все материалы, полученные в результате полевых и лабораторных работ. При этом производятся детальные визуальные и лабораторные исследования образцов горных пород, фауны, микрофауны и палеоботанического материала, если таковые отбирались. Результаты лабораторных исследований каждого петрографического типа горных пород подвергаются надлежащему анализу и статистической обработке с выводом обобщенных характеристик.

Полевые журналы проверяют и дополняют краткими сведениями о результатах лабораторных исследований горных пород и воды, а также ссылками на картировочные выработки. Далее журналы оформляют, перепечатывают и разделяют по маршрутам. В журнале приводят номер маршрута и название, определяющее его направление.

Результаты проходки картировочных и используемых опорных выработок, выполненных для других целей, оформляют в виде каталогов, журналов и разрезов-колонок. Используемые аэрофотоматериалы подвергают дополнительному дешифрированию.

Карту фактического материала окончательно сверяют и увязывают с данными полевых журналов. На карте должны быть показаны: номера и линии выполненных маршрутов, обнажения, пункты наблюдений, опорные выработки и т.п. Нумерацию объектов на карте строго согласуют с полевыми журналами. Используемые исходные геологические, геоморфологические и гидрогеологические карты дополняют данными, полученными в результате выполненных исследований. Содержание отчетных материалов определяется условиями и целевым назначением инженерно-геологических работ и их детальностью (масштабом съемки).

К отчету прилагаются следующие основные документы: 1) обзорная карта исследуемой территории; 2) сводной стратиграфический разрез (колонка) дочетвертичной толщи, дополненный инженерно-геологическими характеристиками; 3) схема строения четвертичного покрова; 4) карты в масштабах проводимой съемки или генерального плана обосновываемого проекта: а) фактического материала исследований, б) геологическая (дочетвертичных пород), в) четвертичных отложений, г) геоморфологическая, д) инженерно-геологическая, е) карта инженерно-геологического районирования (при необходимости); в зависимости от нагрузки, те или иные карты могут быть совмещены; 5) инженерно-геологические профили по характерным направлениям; 6) геологические разрезы (колонки) разведочных выработок и обнажений; 7) прочие графические документы, необходимые для обоснования или пояснения положений и выводов отчета. При крупных масштабах на основных картах должен быть показан план расположения проектируемых сооружений.

8. ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ, ВЫЗЫВАЕМЫЕ ИНЖЕНЕРНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬЮ ЧЕЛОВЕКА

Инженерная геология изучает геологическую среду как среду для инженерных сооружений с целью ее рационального использования при строительстве. Она обосновывает наилучшее сочетание сооружений с данной геологической средой. Геологическая среда – это пространство регионального уровня, представляющее те части литосферы, на которые распространяется жизнедеятельность человека и влияние внешних геосфер. Геологическая среда может рассматриваться на глобальном, региональном и локальном уровнях.

На глобальном уровне среда характеризуется воздействием на ее состояние и изменения, главным образом космических и эндогенных факторов. Техногенное воздействие пока не распространяется на глобальную геологическую среду или выражено относительно слабо.

Локальная среда – непосредственное окружение сооружений и промышленных комплексов – находится под воздействием как природных факторов, так и под влиянием инженерной деятельности человека. Промежуточное положение занимает региональная среда. Ее особенности пока определяются преимущественно природными факторами. Воздействие человека на природу в региональном плане проявляется, например, в виде изменения природных компонентов совместно с физико-химическими факторами, что выражается в определении конкретных связей между геологической средой и сооружением.

В настоящее время геологические процессы, вызываемые инженерной деятельностью, влияющие на региональную и, главным образом, локальную среду сопоставимы с проявлением природных геологических процессов. Происходящий в последние 1 – 2 столетия невиданный в истории человечества рост производительных сил, колоссальный размах строительных работ, строительство уникальных инженерных сооружений, широкомасштабная разработка полезных ископаемых с применением буровых и взрывных работ вызывают проявление многих геологических процессов (оползней, осыпей, обвалов, подтоплений, просадок и т.д.), аналогичных описанным в пособии ранее геологическим явлениям. В составе основных групп горных пород как грунтов появилась самостоятельная группа искусственных грунтов, имеющих непосредственное отношение к технической мелиорации.

8.1. Понятие о технической мелиорации грунтов

При проектировании и строительстве сооружений возникает необходимость искусственного улучшения физико-механических свойств горных пород, если в естественных условиях породы либо не позволяют организовать строительные работы, либо не обладают необходимой прочностью, устойчивостью, водостойкостью или другими качествами, обеспечивающими рациональную конструкцию сооружения и его нормальную эксплуатацию на весь расчетный срок существования сооружения.

К настоящему времени разработано и широко применяется в практике строительства много способов изменения свойств пород в строительных целях. Различные методы искусственного изменения свойств горных пород получили общее название – техническая мелиорация грунтов.

Назначение технической мелиорации состоит в регулировании и преобразовании состояния и свойств пород в заданном направлении. Техническая мелиорация представляет собой учение о качественных преобразованиях пород и является новым прогрессивным направлением в современном грунтоведении.

Применяемые способы мелиорации позволяют изменять химико-минералогический и гранулометрический состав, структуру кристаллической решетки минералов, строение сольватной оболочки коллоидных частиц, характер связей между минеральными частицами, степень монолитности и физико-механические свойства пород. Изменения состава, структуры и состояния породы влекут за собой изменения ее физико-механических свойств. Таким образом, человек способен искусственно регулировать и управлять состоянием и свойствами пород.

В зависимости от практических целей некоторые (нежелательные) свойства пород можно подавлять или нейтрализовать, а другие (желательные) усиливать или создавать вновь. Отдельные способы мелиорации производят столь глубокие и коренные изменения в породе, что она полностью или почти полностью утрачивает свои природные свойства.

Особенно активно и глубоко изменяют породу химические и физико-химические воздействия, сопровождаемые образованием новых минеральных соединений, структур и физико-механических свойств. Например, сыпучие пески в результате двухрастворной силикатизации превращаются в камнеобразную монолитную породу типа песчаника с величиной временного сопротивления сжатию до 60 кг/см². Глинистые породы после обжига каменеют, достигают высокой механической прочности (до 80 – 120 кг/см² при сжатии) и необратимо утрачивают свойства пластичности, набухаемости, размокаемости и др.

Применением современных способов мелиорации достигаются следующие улучшения пород:

1. Придание монолитности массиву скальных пород, разбитых трещинами.

2. Повышение связности, цементирование раздельнозернистых пород.

3. Окаменение связных и других рыхлых пород.

4. Понижение водопроницаемости и газопроницаемости.

5. Уплотнение. Повышение несущей способности грунтов.

6. Повышение морозо- и раствороустойчивости, в том числе водоустойчивости.

7. Изменение консистенции связных грунтов.

8. Понижение коррозионности грунтов.

9. Уменьшение пылимости глинистых пород.

Техническая мелиорация пород применяется в промышленном, гражданском, гидротехническом, дорожном, ирригационном, горном, военном и других видах строительства, во всех тех случаях, когда есть необходимость в искусственном изменении инженерно-геологических свойств пород, являющихся основанием, средой или материалом сооружений.

Техническая мелиорация пород применяется для решения следующих задач:

1. Улучшение качества оснований зданий и сооружений, а также дорожных и аэродромных покрытий.

2. Повышение плотности и устойчивости грунтов в теле земляных сооружений: плотин, дамб, дорожных и других строительных насыпей.

3. Улучшение разрабатываемости мерзлых пород.

4. Предотвращение притоков подземных вод в шахты, штольни, тоннели, карьеры, котлованы, траншеи и другие выработки.

5. Уменьшение потерь воды на фильтрацию из каналов, прудов и водохранилищ.

6. Осушение территорий.

7. Создание подземных хранилищ для нефти, газа и других флюидов.

8. Закрепление плавучих, сыпучих и развеваемых песков.

9. Борьба с просадками, морозным пучением, оползнями, карстом и другими нежелательными физико-геологическими процессами и явлениями.

Работы по технической мелиорации пород осуществляются по специальным проектам, каждый проект должен получить соответствующее инженерно-геологическое и экономическое обоснование, он должен быть обеспечен всеми исходными

инженерно-геологическими данными, необходимыми для проектирования объемов закрепляемых пород, технологии мелиорации, расчетов оборудования, расхода материалов и пр. При этом учитывается специфика каждого способа мелиорации и его особые требования к освещению инженерно-геологических условий местности.

Для инженерно-геологического обоснования проекта мелиорации пород используют результаты инженерных изысканий, выполненных на строительной площадке в связи с проектированием строительства здания или сооружения.

Объектами мелиорации служат все типы пород, нуждающиеся в улучшении состояния и свойств. К мелиорированию пород нужно подходить с позиций современных представлений о природе их прочности, деформируемости и других свойств. Для целей мелиорации породы удобнее разделять по характеру внутренних связей между минеральными частицами, а соответственно, и по характеру деформируемости, на три основные группы:

- а) скальные породы с жесткими кристаллизационными связями;
- б) связные породы с преобладанием водноколлоидных связей;
- в) раздельнозернистые, несвязные породы/15/.

Породы с жесткими связями (скальные породы). Среди пород с жесткими связями мелиорируются обычно дислоцированные, выветрелые, закарстованные разности с целью придания им монолитности и водонепроницаемости, повышения их механической прочности. При этом применяются такие способы мелиорации, как цементация, глинизация, битумизация, замораживание и др.

Связные породы с преобладанием водноколлоидных связей. Для связных глинистых пород применяются следующие способы мелиорации: электроосмос, электрохимическое закрепление, прогрев, обжиг, замораживание (временное закрепление), одноразовая силикатизация, смолизация (для лессовых пород), ожелезнение, солонцевание, применение гигроскопических солей, добавки вяжущих материалов, гранулометрические добавки, гравитационное, сейсмическое, свайное уплотнение, трамбование, укатка и др.

Для связных мягких органогенных пород применяются: замораживание, электроосмос, электрохимическое закрепление, гравитационное уплотнение пригрузкой, водопонижение и осушение с применением дренажей, гранулометрические добавки и др.

Раздельнозернистые породы (пески, гравий, галечник, валуны). Мелиорация раздельнозернистых пород осуществляется в целях уменьшения водопроницаемости, повышения связности, уменьшения подвижности, придания породе монолитности, создания новых структур, уменьшения пористости, повышения плотности, увеличения сопротивления сжатию и сдвигу. Указанные изменения достигаются применением: двухрастворной и однорастворной силикатизации, цементации, холодной битумизации, смолизации, ожелезнения, кольматации, поверхностного и глубинного виброуплотнения, трамбования, укатки, гидродинамического обжатия, уплотнения взрывом, сваями, водопонижения и осушения, замораживания, регулирования гранулометрического состава (смеси), добавки органических вяжущих (грунтосмеси) и др.

Способы мелиорации пород классифицируются по разным признакам. В зависимости от характера воздействия на породу они делятся на механические, физические и химические; по времени действия - на долговременные и кратковременные.

К первой группе способов по времени действия относятся способы, которые обеспечивают коренное изменение свойств горных пород на длительный срок. Это цементация, силикатизация, битумизация, глинизация, термическая обработка, внесение различных добавок для укрепления породы при дорожном строительстве. Вторая группа объединяет способы, с помощью которых свойства пород изменяют на короткий промежуток времени, в основном на период производства строительных работ (способ замораживания, осушения и т.д.).

Выбор способа изменения свойств породы, как уже отмечалось, зависит от типа породы, гидрогеологических условий, типа сооружения и характера его взаимодействия в породой, а также от экономических соображений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Пешковский Л.М. Инженерная геология: Учебное пособие для студентов вузов. – 2-е изд., перераб. и доп. /Л.М. Пешковский, Т.М. Перескокова. – М.: Высшая школа, 1982. – 341с.
2. Горбачев А.М. Общая геология. Учебник для геологоразведочных техникумов. /А.М. Горбачев. – М.: Высшая школа, 1973. – 317с.
3. Общая геология. /ред. Г.Д. Ажгирей. – М.: Просвещение, 1974. – 479с.
4. Мельничук В.С. Общая и историческая геология: учебник. /В.С. Мельничук, М.С. Арабаджи. – М.: Недра, 1979. – 195с.
5. Абрикосов И.Х. Общая, нефтяная и нефтепромысловая геология. /И.Х. Абрикосов, И.С. Гутман. – М.: Недра, 1974. – 360с.
6. Пинчук А.П. Основы геологии: курс лекций по дисциплине «Общая геология» для студентов специальности 1-51 02 02 «Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений». /А.П. Пинчук. – Гомель: ГГТУ им. П.О. Сухого, 2009. – 97с.
7. Скабаланович И.А. Гидрогеология, инженерная геология и осушение месторождений: Учебник для техникумов. 4-е издание. /И.А. Скабаланович, М.В. Седенко. – М.: Недра, 1980. – 205с.
8. Гальперин А.М. Гидрогеология и инженерная геология: Учебник для вузов. /А.М. Гальперин, В.С. Зайцев, Ю.А. Норватов. – М.: Недра, 1989. – 383с.
9. Богомолов Г.В. Гидрогеология с основами инженерной геологии. Изд. 3-е. Учебное пособие для студентов геологических специальностей. /Г.В. Богомолов. – М.: Высшая школа, 1975. – 317с.
10. Карцев А.А. Гидрогеология нефтяных и газовых месторождений. Изд. 2-е. /А.А. Карцев. – М.: Недра, 1972. – 280с.
11. Кац Д.М. Основы геологии и гидрогеологии. Изд. 2-е. /Д.М. Кац. – М.: Колос, 1981. – 351с.
12. Белый Л.Д. Инженерная геология. Учебник для строительных специальностей вузов. /Л.Д. Белый. – М.: Высшая школа, 1985. – 231с.
13. Флоренский П.В. Основы литологии: Учебное пособие. /П.В. Флоренский, Л.В. Милосердова, В.П. Балицкий. – М.: РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина, 2003. – 105с.
14. Сергеев Е.М. Инженерная геология. /Е.М. Сергеев. – М.: МГУ, 1978. – 418с.

15. Справочник по инженерной геологии. /Под общей редакцией М.В. Чуринова. – М.: Недра, 1968. – 540с.

16. Чоповский Е.Г. Инженерная геология (Основы инженерно-геологического изучения горных пород. Учебное пособие для студентов геол. спец. вузов. /Е.Г. Чоповский. – М.: Высшая школа, 1975. – 296с.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	3
1. Основные сведения о геологии	4
1.1. Геология как наука, ее содержание и ее подразделения	4
1.2. Методы в геологии	6
1.3. Земля как планета. Происхождение и строение Земли	9
1.4. Геологическая хронология	17
2. Минералы и горные породы	20
2.1. Минералы, их физические свойства, классификация. Главнейшие порообразующие минералы	20
2.2. Горные породы, их классификация по генезису	22
2.2.1. Магматические горные породы, общая характеристика. Формирование свойств.	23
2.2.2. Осадочные горные породы, их классификация по условиям образования. Условия залегания	26
2.2.3. Метаморфические горные породы. Классификация метаморфических пород	29
2.3. Трещиноватость пород и ее значение для строительства	30
2.4. Инженерно-геологическая оценка генетических групп горных пород	32
3. Введение в инженерную геологию. Грунтоведение	33
3.1. Понятие о грунтах. Классификация грунтов	35
3.2. Типы скальных грунтов	36
3.3. Нескальные грунты	40
3.4. Классификация грунтов осадочного происхождения, основные определяющие признаки подгрупп и генетических типов	40
3.5. Почвы	43
3.6. Искусственные грунты	45
3.7. Физико-механические свойства грунтов	45
4. Процессы внутренней динамики Земли (эндогенные процессы)	47
4.1. Деформация горных пород. Природа тектонических движений	48
4.2. Общие сведения о нарушениях в залегании горных пород	50

4.3. Тектонические движения земной коры	55
4.4. Землетрясения, их воздействие на горные породы и сооружения. Сейсмическое районирование территории	57
5. Подземные воды	61
5.1. Основы гидрогеологии. Общие сведения о подземных водах. Гидрогеология как наука	61
5.2. Химический состав, формирование и классификация подземных вод	64
5.3. Водные свойства пород	70
5.4. Водоносный слой и его основные характеристики	73
5.5. Движение и режим подземных вод	74
5.6. Методы определения характеристик водопроницаемости	79
5.7 Методы борьбы с грунтовыми водами	81
6. Физико-геологические процессы и явления, влияющие на устойчивость грунтов и сооружений (процессы внешней динамики Земли)	84
6.1. Гравитационные процессы	84
6.2. Процессы, связанные с деятельностью поверхностных вод	88
6.3. Процессы связанные с деятельностью подземных вод	92
6.4. Процессы связанные с деятельностью подземных и поверхностных вод	96
6.5. Влияние выветривания на инженерно-геологические свойства пород	99
7. Инженерно-геологические исследования	105
7.1. Состав и задачи инженерно-геологических исследований	105
7.2. Инженерно-геологические изыскания для строительства трубопроводов	107
7.3. Полевые и лабораторные исследования грунтов	112
7.4. Камеральная обработка полевых материалов	116
8. Геологические процессы, вызываемые инженерной деятельностью человека	119
8.1. Понятие о технической мелиорации грунтов	120
Литература	125

Порошин Валерий Дмитриевич

ГЕОЛОГИЯ И ГИДРОГЕОЛОГИЯ

Пособие

по одноименному курсу

**для слушателей специальности переподготовки
1-70 05 75 «Трубопроводный транспорт, хранение
и реализация нефтегазопродуктов»
заочной формы обучения**

Подписано в печать 30.01.18.

Формат 60x84/16. Бумага офсетная. Гарнитура «Таймс».

Ризография. Усл. печ. л. 7,67. Уч.-изд. л. 8,02.

Изд. № 29.

<http://www.gstu.by>

Отпечатано на цифровом дуплекаторе
с макета оригинала авторского для внутреннего использования.

Учреждение образования «Гомельский государственный
технический университет имени П.О. Сухого».

246746, г. Гомель, пр. Октября, 48.