

О.Н. НАТАРОВА

ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОЛОГИЯ И ГИДРОГЕОЛОГИЯ (курс лекций)

*Рекомендовано к изданию редакционно-издательским советом
учреждения образования «Брестский государственный технический
университет» в качестве пособия для студентов дневной
и заочной (на базе среднего специального образования) форм обучения
по специальностям*

1 – 74 05 01 «Мелиорация и водное хозяйство»,

1 – 33 01 07 «Природоохранная деятельность»

Брест 2014

УДК 624.131.1
ББК 26.3
Н 33

Рецензент:
кандидат географических наук, доцент, заведующая кафедрой «Физическая география»
УО «Брестский государственный университет имени А.С. Пушкина»
О.И. Грядунова

Натарова О.Н.
Н 33 Инженерная геология и гидрогеология. – Брест: Изд-во БрГТУ, 2014. – 94 с., 64 илл., 13 табл.,
библ. 9 назв.

ISBN 978-985-493-295-8

Содержание курса лекций полностью соответствует базовой программе, утвержденной Советом учреждения образования «Брестский государственный технический университет» №УД – 347 от 24.11.2009.

Для студентов высших учебных заведений по специальностям 1 – 74 05 01 «Мелиорация и водное хозяйство» и 1 – 33 01 07 «Природоохранная деятельность» дневной и заочной, на базе среднего образования, форм обучения.

УДК 624.131.1
ББК 26.3

ISBN 978-985-493-295-8

© Натарова О.Н., 2014
© Издательство БрГТУ, 2014

ОГЛАВЛЕНИЕ

	стр.
Введение	7
Вводная лекция	8
1. Цель и задачи изучения курса «Инженерная геология и гидрогеология».....	8
2. Общие понятия о науках «Инженерная геология – гидрогеология».....	8
Лекция №1 «Планета Земля. Тепловой режим Земли»	10
1.1. Земля в мировом пространстве. Основные гипотезы о происхождении.....	10
1.2. Сведения о Земле. Строение Земли.....	10
1.3. Геосферы Земли.....	11
1.4. Тепловой режим Земли.....	12
Лекция №2 «Общие сведения о минералах»	13
2.1. Общие сведения о минералах.....	13
2.2. Происхождение минералов.....	13
2.3. Физические свойства минералов.....	13
2.4. Строение и химический состав минералов.....	15
2.5. Классификация минералов по химическому составу.....	15
2.6. Искусственные минералы.....	15
Лекция №3 «Общие сведения о горных породах»	16
3.1. Сведения о горных породах.....	16
3.2. Общие сведения о магматических горных породах.....	16
3.3. Классификация магматических горных пород по химическому составу.....	17
3.4. Структура и текстура магматических горных пород.....	17
3.5. Формы залегания и отдельности магматических горных пород.....	18
3.6. Условия образования и классификация осадочных горных пород.....	19
3.7. Особенности осадочных горных пород.....	20
3.8. Обломочные осадочные породы, классификация.....	20
3.9. Осадочные породы органогенного происхождения.....	21
3.10. Осадочные породы химического происхождения.....	21
3.11. Осадочные породы смешанного происхождения.....	21
3.12. Метаморфические горные породы. Условия образования.....	22
3.13. Типы метаморфизма и формы залегания метаморфических горных пород.....	22
3.14. Особенности и классификация метаморфических горных пород.....	22
Лекция №4 «Геологическая хронология земной коры»	23
4.1. Историческая геология, цели и задачи.....	23
4.2. Методы определения возраста горных пород.....	23
4.3. Понятия абсолютного и относительного возраста горных пород.....	23
4.4. Шкала геологического времени.....	24
Лекция №5 «Тектонические движения земной коры»	25
5.1. Тектонические структуры земной коры.....	25
5.2. Виды тектонических движений земной коры.....	25
5.3. Складчатые дислокации горных пород.....	26
5.4. Разрывные дислокации горных пород.....	26
5.5. Значение дислокаций и их учет при строительстве.....	27
5.6. Сейсмические явления в земной коре, причины, классификация.....	27
5.7. Землетрясения.....	28

5.8. Моретрясения.....	28
5.9. Сейсмическое районирование и строительство в сейсмических районах.....	28
Лекция №6 «Генетическое грунтоведение».....	30
6.1. Понятие о грунтах. Классификация грунтов по строительным признакам.....	30
6.2. Классификация скальных грунтов.....	30
6.3. Классификация нескальных грунтов.....	30
6.4. Общая характеристика скальных и полускальных грунтов.....	31
6.5. Гранулометрический состав, плотность, плотность частиц и пористость нескальных грунтов.....	31
6.6. Виды воды в грунтах.....	32
6.7. Естественная влажность грунтов, степень влажности.....	33
6.8. Общая характеристика групп нескальных грунтов – крупнообломочные, песчаные, глинистые..	34
6.9. Пластичность, число пластичности и консистенция глинистых грунтов.....	35
6.10. Набухание и усадка глинистых грунтов.....	35
6.11. Водостойкость, липкость и тиксотропность глинистых грунтов.....	36
6.12. Сжимаемость и сопротивление грунтов сдвигу.....	36
6.13. Искусственные грунты.....	38
Лекция №7 «Основные сведения из геоморфологии».....	39
7.1. Понятие о геоморфологии. Формы рельефа.....	39
7.2. Типы рельефа.....	40
7.3. Роль геоморфологических исследований по строительным признакам.....	40
Лекция №8 «Гидросфера и гидрогеологические свойства горных пород».....	41
8.1. Гидрогеология. Общие сведения о подземных водах.....	41
8.2. Гидросфера, круговорот воды в природе.....	42
8.3. Количественное выражение круговорота.....	42
8.4. Водообмен подземных вод.....	42
8.5. Инфильтрационная теория происхождения подземных вод.....	43
8.6. Конденсационная теория происхождения подземных вод.....	43
8.7. Седиментационные и ювенильные воды.....	43
8.8. Влагоемкость горных пород.....	44
8.9. Водоотдача горных пород.....	44
8.10. Водопроницаемость горных пород.....	45
8.11. Зона аэрации и зона насыщения.....	45
8.12. Физические свойства подземных вод.....	45
8.13. Химический и газовый состав подземных вод.....	46
8.14. Общая минерализация воды, классификация воды по минерализации.....	47
8.15. Жесткость воды, классификация вод по жесткости.....	47
8.16. Оценка качества подземных вод.....	48
8.17. Агрессивность подземных вод.....	49
Лекция №9 «Виды подземных вод».....	50
9.1. Классификация подземных вод по характеру использования.....	50
9.2. Классификация подземных вод по условиям залегания.....	50
9.3. Верховодка.....	51
9.4. Грунтовые воды. Карта гидроизогипс.....	51
9.5. Межпластовые воды. Карта гидроизопьез.....	52
9.6. Понятие о пьезометрическом уровне, фонтанирующие скважины.....	54
9.7. Подземные воды в трещиноватых и закарстованных породах.....	54
9.8. Естественные выходы подземных вод на поверхность.....	55

Лекция №10 «Основные законы динамики подземных вод»	56
10.1. Динамика подземных вод. Инфильтрация и фильтрация.....	56
10.2. Виды фильтрационных потоков по характеру движения подземных вод.....	56
10.3. Фильтрационные потоки в плане, границы потоков.....	57
10.4. Основной закон движения подземных вод.....	57
10.5. Скорость движения подземных вод, действительная и кажущаяся.....	58
10.6. Коэффициент фильтрации. Определение коэффициента фильтрации расчетным методом....	58
10.7. Лабораторные методы определения коэффициента фильтрации.....	58
10.8. Полевые методы определения коэффициента фильтрации.....	59
10.9. Определение направления и скорости движения грунтовых вод по методу треугольника.....	59
10.10. Определение направления и скорости движения грунтовых вод по методу скважин.....	60
10.11. Расход плоского безнапорного потока в однородных пластах при горизонтальном водоупоре...	60
10.12. Расход плоского безнапорного потока в однородных пластах при наклонном водоупоре.....	60
10.13. Расход плоского напорного потока в однородных пластах при параллельных водоупорах.....	61
10.14. Расход плоского напорного потока в однородных пластах при непараллельных водоупорах.	61
Лекция №11 «Приток воды к водозаборным сооружениям»	62
11.1. Виды водозаборных сооружений.....	62
11.2. Понятие о депрессионной воронке. Радиус депрессии.....	62
11.3. Статический и динамический уровень подземных вод. Понятие дебита водозаборных сооружений.....	63
11.4. Дебит совершенной безнапорной скважины.....	63
11.5. Дебит совершенной напорной скважины.....	64
11.6. Дебит совершенной напорно-безнапорной скважины.....	64
11.7. Виды несовершенства скважин.....	64
11.8. Дебит несовершенных скважин.....	65
11.9. Удельный дебит скважин.....	65
11.10. Поглощающие колодцы и их дебит.....	65
11.11. Взаимодействующие водозаборы.....	66
11.12. Дебит взаимодействующих скважин.....	66
11.13. Приток воды к шахтным колодцам.....	67
11.14. Приток безнапорных вод к горизонтальному водозабору.....	67
11.15. Приток напорной воды к горизонтальному водозабору.....	68
11.16. Понижение уровня подземных вод. Строительное понижение, дренаж, типы дренажей.....	68
11.17. Виды систем водопонижительных установок.....	69
11.18. Виды систем дренажей.....	69
Лекция №12 «Режим и баланс подземных вод»	70
12.1. Режим подземных вод в естественных условиях.....	70
12.2. Влияние искусственных факторов на режим подземных вод.....	70
12.3. Особенности режима подземных вод.....	71
12.4. Баланс подземных вод.....	71
Лекция №13 «Запасы подземных вод»	72
13.1. Естественные запасы подземных вод.....	72
13.2. Эксплуатационные запасы подземных вод.....	72
13.3. Искусственное пополнение запасов подземных вод.....	73
13.4. Истощение запасов подземных вод.....	73
13.5. Загрязнение подземных вод.....	74
13.6. Охрана подземных вод.....	74

Лекция №14 «Природные геологические и инженерно-геологические процессы»	75
14.1. Выветривание горных пород. Элювий и почвы.....	75
14.2. Типы выветривания горных пород.....	75
14.3. Мероприятия по борьбе с выветриванием.....	76
14.4. Геологическая деятельность атмосферных вод. Понятие эрозии. Дэлювий и пролювий.....	76
14.5. Эоловые песчаные и пылеватые отложения.....	77
14.6. Образование оврагов.....	77
14.7. Геологическая деятельность рек. Строение речных долин.....	78
14.8. Виды аллювиальных отложений. Борьба с эрозией рек.....	79
14.9. Геологическая деятельность ледников. Моренные отложения.....	79
14.10. Водно-ледниковые отложения.....	80
14.11. Геологическая деятельность моря. Строение морских берегов.....	80
14.12. Разрушительная работа моря, борьба с разрушением берегов.....	80
14.13. Морские отложения и их особенности.....	81
14.14. Геологическая деятельность озер и водохранилищ.....	81
14.15. Геологическая деятельность болот. Заболоченные земли.....	82
14.16. Плывуны, истинные и ложные.....	82
14.17. Борьба с плывунами.....	83
14.18. Суффозионные явления.....	83
14.19. Карстовые явления.....	83
14.20. Сезонная и многолетняя мерзлота.....	84
Лекция №15 «Инженерно-геологические и гидрогеологические исследования»	85
15.1. Задачи инженерно-геологических и гидрогеологических исследований.....	85
15.2. Состав, объем и содержание инженерно-геологических и гидрогеологических исследований..	85
15.3. Инженерно-геологическая съемка.....	85
15.4. Гидрогеологическая съемка.....	86
15.5. Бурение геологоразведочных скважин.....	86
15.6. Проходка шурфов, дудок, штолен, траншей, расчисток.....	87
15.7. Геологическая документация буровых и горнопроходческих работ.....	87
15.8. Виды геофизических исследований.....	88
15.9. Опытные полевые работы.....	89
15.10. Стационарные наблюдения.....	90
15.11. Инженерно-геологические и гидрогеологические изыскания для зданий, трасс трубопроводов, плотин, водохранилищ, массивов орошения и осушения.....	90
Заключение	92
Рекомендуемая литература	93

ВВЕДЕНИЕ

Геология – наука, изучающая состав, строение, происхождение и развитие Земли, закономерности и процессы формирования земной коры. Жизнь человечества непосредственно связана с использованием богатств недр Земли, что проявляется не только в разработке месторождений полезных ископаемых, но и в использовании живописных пейзажей. Наиболее уникальные из них относятся к геологическому наследию, что в настоящее время нашло отражение в туристической деятельности.

Инженерная геология – наука, изучающая геологические процессы верхних горизонтов земной коры, состав и физико-механические свойства горных пород в связи с инженерной деятельностью человека. Нередко деятельность человека может привести к нежелательным изменениям геологической среды. Ярким примером того является губительное воздействие на лесные массивы и загрязнение атмосферы. Во избежание этого необходимы геологические знания, которые позволят получить детальную информацию о физических характеристиках местности, о видах проводимых работ и о возможном ущербе. С этой точки зрения геологические знания особенно актуальны для экологической оценки территории.

Гидрогеология – наука о подземных водах, их происхождении, составе и свойствах, закономерностях движения, условиях залегания и распространения в земной коре. Теоретические аспекты знаний гидрогеологии направлены, прежде всего, на изучение минеральных источников, условий водоснабжения населенных пунктов и промышленных предприятий.

ВВОДНАЯ ЛЕКЦИЯ

План лекции

1. Цель и задачи изучения курса «Инженерная геология и гидрогеология».
2. Общие понятия о науках «Инженерная геология – гидрогеология».

1.

Студенты, обучающиеся по специальности 1 – 74 05 01 «Мелиорация и водное хозяйство», должны быть подготовлены к профессиональной деятельности в проектировании, строительстве и эксплуатации объектов мелиорации и водного хозяйства. Одной из общепрофессиональных дисциплин является «Инженерная геология и гидрогеология».

В связи с этим, целью изучения курса является получение базы для формирования полноценных знаний по специальности.

К задачам курса относятся:

- знание распространенных минералов, горных пород и грунтов, которые используются в качестве оснований и среды для различных объектов мелиоративных и водохозяйственных систем;
- знание геологических и инженерно-геологических процессов, влияющих на строительство, на устойчивость и надежность в условиях эксплуатации инженерных сооружений;
- знание гидрогеологических условий строительства гидротехнических сооружений и эксплуатации подземных вод для целей орошения;
- знание видов и методов инженерно-геологических и гидрогеологических исследований, наблюдений, выполняемых при проектировании, в строительстве и эксплуатации сооружений и водохозяйственных систем;
- постановка и решение задач, связанных с инженерно-геологическим и гидрогеологическим обоснованием проектов строительства мелиоративных систем и сооружений водного хозяйства;
- решение задач, связанных с рациональным использованием и охраной водных ресурсов и соприкасающейся с ними окружающей среды.

2.

Геология – наука о Земле, о ее строении, составе, истории развития и процессах, происходящих в ней. Основным объектом изучения является земная кора.

Краткий исторический очерк развития геологии

Попытки описать различные геологические явления и понять их причины делались уже в античном мире. Древние философы размышляли над тем, почему меняются русла рек и уровень моря, как развиваются горы и долины... Так, известный древнегреческий историк Геродот описал ряд сейсмических явлений, а также извержение вулкана Везувий. Древнегреческий философ Платон и его ученик Аристотель пытались объяснить происхождение окаменелостей. Итальянский ученый и живописец Леонардо да Винчи высказал мнение о том, что окаменелости являются не чем иным, как останками древних морских существ, присутствие которых указывало на то, что облик Земли менялся.

Становление науки было сложным и достаточно длительным процессом. Основной причиной этого являлась власть церкви, которая каждое явление трактовала при помощи Библии. В связи с этим, каждый ученый, открыто высказывавший свои убеждения, был предан анафеме.

Однако, не смотря на препятствия церкви, геология выделилась в самостоятельную ветвь науки. У истоков становления геологии стояли английские и французские ученые. К примеру, Уильям Смит (1769–1839) обратил внимание на то, что слои горных пород с окаменелостями залегают в определенной последовательности, а в 1815 г. – составил геологическую карту Англии, Уэльса и Шотландии; на основании умозаключений Джеймса Хаттона (1726–1797) создана теория несогласного залегания горных пород. Основным трудом Д. Хаттона является «Теория Земли» – 1760 г.; Жорж-Луи Леклерк (1707–1788) опубликовал свой труд «Естественная история» в 36 томах, где представил деление истории Земли на периоды с подробным описанием каждого из него.

Основное значение в ее становление внесли научные труды М.Е. Ломоносова («О слоях земных» – 1745 г.), М.С. Волкова («Записка об исследовании грунтов земли, производимом в строительном искусстве» – 1840 г.).

Зарождение современной геологии относится к началу XIX века. Большой вклад в ее развитие внес немецкий ученый А. Вегенер (книга «Происхождение континентов и океанов»).

К концу XIX века в геологии выделены следующие отрасли: инженерная геология и гидрогеология.

В развитие «Инженерной геологии», как науки, внесли свой вклад как российские ученые (Ф.П. Саваренский, Н.Н. Маслов, И.В. Попов), так и белорусские (А.С. Махнач, Г.В. Богомолов, М.Ф. Козлов), из зарубежных – Г. Терцаги.

Так что же понимают под инженерной геологией?

Инженерная геология – наука, изучающая геологические процессы верхних горизонтов земной коры, состав и физико-механические свойства горных пород в связи с инженерно-строительной деятельностью человека.

В становлении науки выделено три этапа:

1 – относится к концу XIX – первой трети XX века. Данный этап характеризуется массовым строительством железных дорог. Строительство, непосредственно, которых позволило строителям ознакомиться с различными геологическими условиями. Примером в России служат железнодорожные пути через Кавказский хребет.

2 – охватывает период времени, после Великой Октябрьской революции (после 1917 г.) и связан с гигантскими темпами роста гидротехнического, промышленного и гражданского строительства. Немаловажным является и появление первых научных монографий по инженерной геологии.

3 – последняя треть XX века. Характеризуется восстановлением народного хозяйства после Великой Отечественной Войны.

В состав инженерной геологии (классическое понимание) входят три научных направления, тесно взаимосвязанных между собой:

- грунтоведение – направление, изучающее горные породы (грунты) и почвы;
- инженерная геодинамика – направление, изучающее природные и антропогенные геологические процессы и явления;
- региональная инженерная геология – направление, изучающее строение и свойства геологической среды определенной территории.

Исходя из этих направлений, можно сформулировать основную цель инженерной геологии, заключающуюся в изучении природной обстановки местности до начала строительства, и прогноз изменений, произошедших в геологической среде в процессе строительства и эксплуатации сооружений.

Гидрогеология – наука о подземных водах, их происхождении и свойствах, закономерностях движения в условиях залегания и распространения земной коры. В ее состав входят ряд наук, а именно: а) общая гидрогеология; б) динамика подземных вод; в) гидрохимия; г) методика гидрогеологических исследований; д) гидрогеология месторождения полезных ископаемых; е) учение о минеральных водах; ж) региональная гидрогеология.

ЛЕКЦИЯ № 1

«Планета Земля. Тепловой режим Земли»

План лекции

1. Земля в мировом пространстве. Основные гипотезы о происхождении.
2. Сведения о Земле. Строение Земли.
3. Геосферы Земли.
4. Тепловой режим Земли.

1.

Солнечная система – сложный и многообразный мир. Она состоит из Солнца, девяти планет (в том числе и Земля), десятки тысяч малых планет, комет и метеорных тел.

На сегодняшний день существует множество гипотез о происхождении Земли, но наибольшее распространение получили гипотезы Канта-Лапласа, Шмидта, Фесенкова.

Согласно гипотезе Канта-Лапласа, Солнечная система образовалась из огромной раскаленной газоподобной туманности, вращающейся вокруг оси, а Земля вначале была в жидком состоянии, а потом стала твердым телом. Данная гипотеза пользовалась признанием более 100 лет.

В 40-х годах XX века академик О.Ю. Шмидт показал несостоятельность гипотезы Канта-Лапласа. Согласно его гипотезе, Солнце на своем пути пересекло и захватило одно из пылевых скоплений Галактики, поэтому планеты образовались не из раскаленных газов, а из пылевидных частиц, вращающихся вокруг Солнца. Со временем в этом скоплении возникли уплотненные сгустки материи, давшие начало планетам. Земля же первоначально была холодной. Разогрев ее недр начался, когда она достигла больших размеров. Причиной этому стало выделение теплоты в результате распада имеющихся в ней радиоактивных веществ. Недра Земли приобрели пластическое состояние, более плотные вещества сосредоточились ближе к центру планеты, более легкие у ее периферии. Произошло расслоение Земли на отдельные оболочки. По гипотезе Шмидта, расслоение продолжается до настоящего времени. Именно это является причиной тектонических процессов.

Гипотеза В.Г. Фесенкова основана на том, что в недрах звезд, Солнца протекают ядерные процессы. В один из периодов это привело к быстрому сжатию и увеличению скорости вращения Солнца. При этом образовался длинный выступ, который потом оторвался и распался на отдельные планеты.

Изучением происхождения Солнечной системы и Земли занимались В.С. Сафронов, Х. Альвен, Н.А. Божко, А. Смит и др.

2.

Земля имеет форму шара, сплюснутого у полюсов (сфероид), но так как на поверхности Земли имеются впадины и возвышенности, то форма Земли называется геоидом.

Масса Земли равна $5,98 \cdot 10^{27}$ г, объем $1,083 \cdot 10^{27}$ см³. Средний радиус 6370 км, длина земного меридиана составляет 40 008,548 км, длина экватора 40 075,704 км.

На основании методов изучения установлено, что наша планета имеет концентрическое строение и состоит из ядра и оболочек – проточная (нижняя мантия), перидотитовая (верхняя мантия) и литосферы (земной коры) в составе базальтового, гранитного и осадочного слоёв. Мантия и земная кора разделены поясом Мохоровича, залегающем на глубине 70-85 (рисунок 1.1).

На поверхности Земли находятся – гидросфера (водная оболочка), биосфера (сфера жизнедеятельности организмов) и атмосфера (газовая оболочка), в составе тропосферы, стратосферы и ионосферы. На высоте 30 до 48 км располагается озоновый слой, который во многом определяет жизнь на Земле.

Земля обладает сложноорганизованным магнитным полем, описываемым полем, создаваемым намагниченным шаром.

По результатам космических исследований установлено, что Земля сложена несколькими концентрическими оболочками, называемыми геосферами. Выделяют геосферы внешние и внутренние. Внешние геосферы сформированы атмосферой, гидросферой и биосферой, внутренние – ядром, мантией и литосферой.

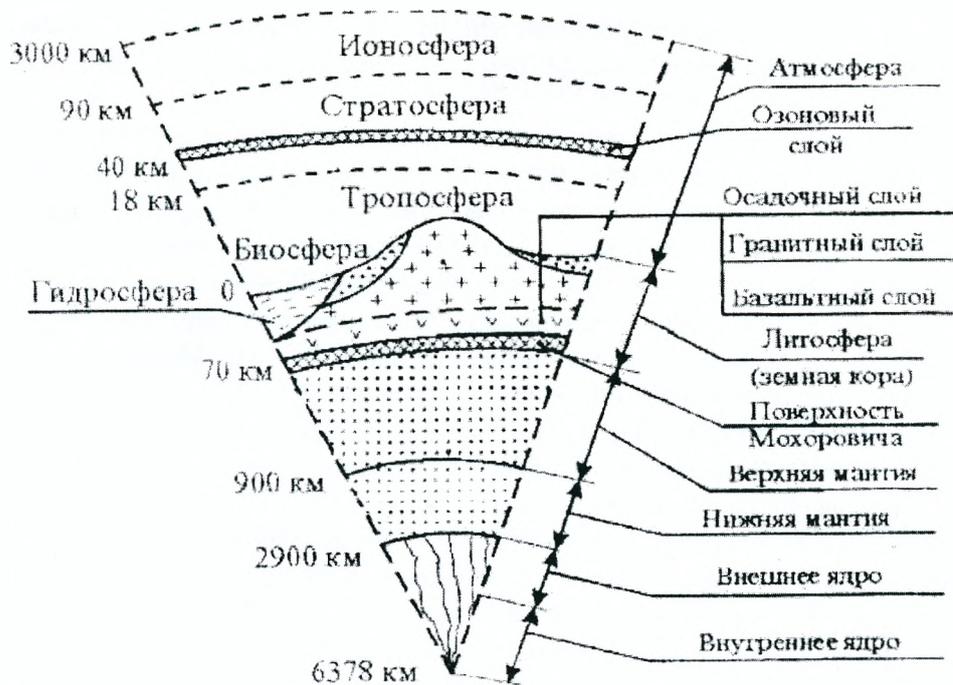


Рисунок 1.1 – Схема строения Земли

3.

По распределенной в **атмосфере** температуре она подразделяется на тропосферу, стратосферу, мезосферу, термосферу и экзосферу. Тропосфера достигает высоты 16-18 км, стратосфера – 55 км. На высоте 80 км располагается мезосфера, 800-1000 км – термосфера, выше – экзосфера. Атмосфера состоит из азота (75,51%), кислорода (23,3%), аргона (1,28%), углекислоты (0,04%), водяного пара и других газов. Температура атмосферы понижается с удалением от поверхности Земли. Так, на высоте 10-12 км температура составляет -50°C . Тропосфера – приземный слой атмосферы. В ней происходит образование облаков и тепловые движения воздушных потоков (циклоны и антициклоны). Стратосфера характеризуется наличием в слое озона. Присутствие озона обуславливает повышение температуры до $+50^{\circ}\text{C}$ (на высоте 30-55 км), но на высоте 90 км отмечается ее понижение до $(-60) - (-90)^{\circ}\text{C}$. Над стратосферой располагается мезосфера – самая холодная часть атмосферы. Из-за чрезвычайно низких температур воздуха иногда возникают серебристые облака, состоящих из ледяных кристалликов. Термосфера простирается до высоты 800 км. Температура воздуха в термосфере колеблется на разных уровнях, быстро и разрывно возрастает и может варьироваться от -70 до 1700°C , в зависимости от степени солнечной активности. Экзосфера состоит из плазмы (ионизированного газа). Самый крайний слой экзосферы, состоящий из рассеивающихся атомов водорода, называют «коронай» планеты, которая может простираться на расстояние до 10 000 км от поверхности планеты.

Гидросфера – водная оболочка Земли, состоящая из океанов, морей, рек, озер и материковых льдов. Гидросфера покрывает земную поверхность на 70,8%. Средняя мощность ее 3,8 км, а наибольшая 11,52 км (Марианская впадина в Тихом океане). Образование гидросферы обусловлено процессами отделения воды из вещества мантии. Температура гидросферы изменяется в широтном направлении и зависит от глубины. На глубине до 150 м она имеет сезонную изменчивость, ниже – постоянна. Самая высокая температура $+35,6^{\circ}\text{C}$ отмечена в Персидском заливе, самая низкая – в Северном Ледовитом океане $(-2,8^{\circ}\text{C})$. Химический состав гидросферы – от весьма пресных вод до рассолов (очень соленых). Также в гидросфере отмечено наличие горизонтальных и вертикальных течений, а также существование форм жизни (бентос – организмы, живущие на дне морей и океанов; планктон – организмы, пассивно плавающие в воде; нектон – организмы, активно плавающие в воде, а также крупные морские животные).

Биосфера – область распространения живого вещества, находящаяся в постоянном взаимодействии с литосферой, гидросферой и атмосферой. Область распространения биосферы ограничивается озоновым слоем в атмосфере и глубиной 12 км в недрах Земли. Между организмами и окружающей их

средой существует постоянное взаимодействие. Благодаря жизнедеятельности свыше 500 тыс. видов растений и более 1 млн. животных происходит ряд геологических процессов, главным из которых является почвообразовательный процесс.

Земное ядро состоит из внешнего и внутреннего. Внешнее – жидкое, внутреннее – твердое. Масса земного ядра составляет 32% всей массы Земли, объем – 16% от объема Земли. Земное ядро представляет собой железо с примесью кислорода, серы, углерода и водорода, внутреннее – имеет железоникелевый состав. Радиус внутреннего ядра – 1200-1250 км, внешнего – 3450-3500 км. Между внутренним и внешним ядром находится переходный слой, мощностью 300-400 км.

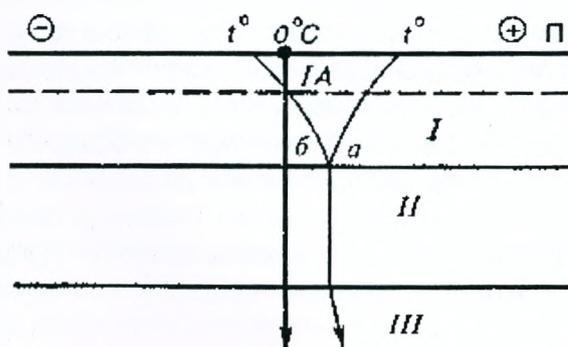
Мантия – силикатная оболочка между ядром и подошвой литосферы. Мантия подразделена на верхнюю (до глубины 900 км) и нижнюю (на глубине примерно 2900 км). Между верхней и нижней мантией располагается переходный слой Голицына (на глубине от 400 до 1000 км). Мантия имеет ультраосновной состав (смесь 75% перидотита и 25% толеитового базальта). Из-за своего состава ее часто называют перидотитовой или «каменной» оболочкой. Содержание в мантии радиоактивных элементов весьма низко. В настоящее время мантия оценивается как источник сейсмических и вулканических явлений, горообразовательных процессов, а также зона реализации магматизма.

Литосфера – верхний слой Земли, в составе базальтового, гранитного и осадочного слоя. Верхняя часть, мощностью 0-15 км, сложена толщей осадочных пород. Гранитная оболочка располагается ниже. Мощность гранитной оболочки 0,4-50 км. Эта оболочка развита на материках. Базальтовая оболочка состоит из пород базальта, габбро, а ее мощность 5-20 км. Литосфера опирается на подошву слоя Мохоровича. Плотность литосферы 2,7-2,8 г/см³. Литосфера имеет алюмосиликатный состав, а именно состоит из кислорода (46,8%), кремния (27,3%), алюминия (8,7%), железа (5,1%), кальция (3,6%), натрия (2,6%), калия (2,5%), магния (2,1%) и др. Литосфера представляет особый интерес для инженера, т.к. на ее поверхности и в ее недрах возводятся инженерные сооружения. В частности, для решения многих практических задач важным является выяснение процессов формирования поверхности земной коры, истории этого формирования.

4.

Земная кора получает тепло от двух внешних источников: Солнца и распада радиоактивных веществ. В недрах Земли температура увеличивается с глубиной от 1300°C в верхней мантии до 3700°C в центре ядра. Увеличение температуры зависит от сжатия вещества под давлением при невозможности теплообмена с окружающей средой.

В земной коре различают три температурные зоны (рисунок 1.2): 1) переменных температур (I). Изменение температур в этой зоне определяется климатом местности. Суточные колебания температур затухают на глубинах около 1,5 м, а годовые (сезонные) – 20-30 м. Для средних широт характерна кривая *а* (летний период) и кривая *б* (зимний период). В зимний период в зоне переменных температур образуется подзона промерзания (IA). В подзоне IA температура опускается ниже 0°C, а мощность колеблется от нескольких сантиметров до 2 м и более; 2) зона постоянных температур (II). В этой зоне температура соответствует среднегодовой температуре местности (13,6-15,5°C). Мощность 15-40 м; 3) зона нарастания температур (III). В этой зоне отмечается постоянное увеличение температур.



П – поверхность Земли

Рисунок 1.2 – Зоны температур в земной коре

Величина нарастания температуры на каждые 100 м глубины называется **геотермическим градиентом**. Глубина, при которой температура повышается на 1°C – **геотермической ступенью**. Исследованиями установлено, что средняя величина геотермической ступени составляет 33 м, а геотермического градиента – 3°C.

Наращение температуры с глубиной следует учитывать при проектировании сооружений глубокого заложения, например, при строительстве метрополитенов.

ЛЕКЦИЯ № 2

«Общие сведения о минералах»

План лекции

1. Общие сведения о минералах.
2. Происхождение минералов.
3. Физические свойства минералов.
4. Строение и химический состав минералов.
5. Классификация минералов по химическому составу.
6. Искусственные минералы.

1.

В земной коре насчитывается 7-8 тысяч минералов, из которых более 200 встречается часто и в больших количествах. Как правило, они входят в состав горных пород, и поэтому их называют породообразующими.

Минералы изучает наука **минералогия**, а под **минералами** понимают минеральные образования, сформировавшиеся в результате геохимических процессов, протекающих в земной коре. Каждый минерал имеет определенный химический состав, структуру и физические свойства.

Чаще всего минералы входят в состав горных пород, тем самым представляя наибольший интерес для инженеров-строителей, но также могут встречаться в виде самостоятельных скоплений, создавая ценные месторождения полезных ископаемых.

Различают два вида минералов:

- природного происхождения, рождение которых связано с процессами в земной коре;
- искусственного происхождения, которые возникли в процессе целенаправленной деятельности человека.

2.

Каждый минерал может существовать в природе в определенных термодинамических условиях, определяющими из которых являются температура и давление. Изменение этих условий может привести к видоизменению тела минерала или даже к его разрушению.

Условия образования минералов в природе разнообразны. По условиям образования минералов выделяют три процесса: эндогенный, экзогенный и метаморфический.

Эндогенный процесс связан с внутренними силами Земли и протекает в ее недрах на больших глубинах, при высоких температурах и давлениях. Минералы образуются из магмы (силикатного огненно-жидкого расплава). Образующиеся минералы – плотные, обладают большой твердостью, стойкие к воде, кислотам и щелочам. К эндогенным минералам относят кварц и различные силикаты.

Экзогенный процесс происходит в земной коре и на ее поверхности. При этом минералы образуются как на суше, так и на море. Создание минералов на суше связано с процессом выветривания, т.е. разрушительного действия воды, кислорода, колебаний сезонных и суточных температур. К экзогенным минералам, образованным на суше, относят глинистые минералы и различные железистые соединения. Минералы в море формируются в результате выпадения химических осадков из водных растворов (галит, сильвин и др.). Некоторые экзогенные минералы образуются за счет жизнедеятельности различных организмов (опал и др.). Экзогенные минералы имеют низкую твердость, активно взаимодействуют с водой или растворяются в ней.

Метаморфический процесс. На небольших глубинах, под действием высоких температур, давлений, а также магматических газов и воды происходит преобразование экзогенных минералов. Минералы изменяют свое первоначальное состояние, перекристаллизуются, приобретают плотность и прочность (роговая обманка, актинолит и др.).

3.

Каждый минерал обладает определенными физическими свойствами, основными из которых являются: 1) плотность; 2) внешняя форма; 3) оптические характеристики (цвет, прозрачность, блеск); 4) твердость; 5) спайность; 6) излом; 7) вкус; 8) запах; 9) хрупкость и др.

Плотность – отношение веса вещества к объему. Измеряется в г/см³. Плотность минерала зависит от особенностей его структуры и химического состава и колеблется в пределах от 0,6 до 19 г/см³. Наиболее распространенные значения находятся в пределах от 2,5 до 3,0 г/см³. По плотности минералы делят на четыре группы: легкие – с плотностью ρ до 2,5 г/см³ (смолы, гипс, галит); средние – с

$\rho = 2,5-4,0 \text{ г/см}^3$ (кварц, слюды, шпаты); тяжелые с $\rho = 4,0-6,0 \text{ г/см}^3$ (пирит, лимонит); очень тяжелые – с $\rho > 6,0 \text{ г/см}^3$ (золото, платина).

Внешняя форма минералов разнообразна. Чаще всего они приобретают неправильные очертания. Хорошо ограниченные кристаллы встречаются редко. Также для минералов характерны формы землистого облика, агрегатных скоплений и др.

Цвет – важнейший признак минерала. Зависит от способности минерала поглощать световые волны определенной длины и отражать или пропускать другие. Для большинства минералов постоянен. По цвету минералы условно делятся на две группы: светлые, к которым относят бесцветные, белые, светло-серые, желтые и розовые (гипс, кальцит, кварц, полевые шпаты); темные – имеющие черный, темно-зеленый, коричневый и бурый цвет (авгит, роговая обманка).

Цвет черты – цвет минерала в тонком порошке, оставляемом при царапанье белого матового фарфора. В отличие от цвета образца цвет черты более постоянен, а потому и более надежен в качестве диагностического признака. Цвет черты постоянный и не зависит от примесей и включений.

Прозрачность – способность минералов пропускать свет. Прозрачность зависит от объема образца. По прозрачности выделены три группы: 1) прозрачные (кварц, мусковит); 2) полупрозрачные (халцедон, гипс); 3) непрозрачные (графит, пирит).

Блеск – способность поверхности минералов отражать различной степени свет. Блеск может быть металлическим (пирит, галенит), полуметаллическим (гематит), неметаллическим, который, в свою очередь, может быть стеклянным, жирным, шелковистым, матовым, перламутровым, восковым.

Твердость – степень сопротивления минерала внешнему механическому воздействию. Зависит от особенностей кристаллической структуры минерала, типа и прочности связей атомов. Для определения твердости немецким минералогом Фридрихом Моосом разработана 10-балльная шкала твердости Мооса. Моос использовал твердость известных минералов в качестве отправной точки, присваивая им значение от 1 до 10. Самым мягким минералом считается тальк (1), твердым – алмаз (10). По степени твердости минералов выделены четыре группы: мягкие (1-2); средней твердости (3-5); твердые (6-7); очень твердые (8-10). Определить твердость на практике можно используя ноготь (твердость до 2,5), стекло (2,5-5,0), лезвием ножа (5,0-5,5), склерометром (1-10).

Спайность – способность минералов раскалываться или расщепляться по определенным направлениям с образованием плоскостей раскола. Это свойство обусловлено внутренним строением кристаллов и не зависит от их внешней формы. Спайность у различных минералов выражается в различной степени и в практике выделяется пять групп: 1) спайность весьма совершенная – минерал способен расколоться на тонкие листочки (слюда); 2) спайность совершенная – образуются обломки правильной формы или гладкие правильные плоскости (микроклин, кальцит); 3) средняя спайность – осколки минерала ограничены как плоскостями спайности, так и поверхностями излома (лабрадор, тальк); 4) спайность несовершенная – большая часть поверхностей неправильная, плоскости спайности наблюдаются только в виде малых площадок (апатит); 5) весьма несовершенная спайность (отсутствие спайности) – раскалывание по неопределенным направлениям с образованием неровных поверхностей скола (кварц).

Излом – характеристика поверхности разрыва и раскалывания минералов. Излом, как и спайность, зависит от структуры минерала, его твердости и хрупкости. Различают излом по спайности и по плоскостям, не совпадающим с плоскостью спайности. Выделяют следующие виды изломов: ровный (кальцит), неровный (тальк), раковистый (кварц), землистый (каолинит), ступенчатый (гипс, мусковит), занозистый (змеевик), зернистый (лабрадор).

Вкус. Некоторые минералы обладают характерным вкусом, позволяющим легко идентифицировать их. Примером служит галит (поваренная соль). Острым вкусом обладает сильвин, резким – карналлит. Следует помнить, что дегустация минералов может быть опасной для жизни, так как в определенных концентрациях, многие из них становятся ядовитыми.

Запах. Запах проявляется при горении, трении, растирании в порошок. Если резко ударить по пириту, ощущается запах сернистого газа. При трении двух кусков фосфорита появляется запах жженой кости. Специфическим запахом обладает каолинит при смачивании его водой. При ударе по арсенопириту проявляется запах мышьяка.

Хрупкость. Хрупкость показывает, насколько легко разбивается минерал. Он может быть очень хрупким, вне зависимости от своей твердости. Как ни парадоксально, самый твердый из известных минералов – алмаз – очень хрупок и разбивается от одного удара.

4.

Строение. Минералы обладают кристаллической структурой или бывают аморфными. Большинство минералов имеют кристаллическое строение, в котором атомы расположены в строго определенном порядке. Таким образом, образуется пространственная решетка. Благодаря этому многие минералы внешне имеют вид правильных многогранников (кристаллов). Примером может служить кварц.

В зависимости от строения минералы бывают:

- изотропными (свойства минералов одинаковы по всем направлениям);
- анизотропными (свойства минералов разные по различным направлениям).

Аморфные минералы не имеют кристаллической структуры, по своим свойствам изотропны, и для них характерна неправильная внешняя форма.

Химический состав. Каждый минерал характеризуется определенным химическим составом. Иногда можно встретить минералы сходного химического состава, но в этом случае они обязательно имеют различное внутреннее строение, а следовательно, и различную внешнюю форму.

Химический состав кристаллических минералов выражается кристаллохимической формулой. Данная формула отражает количественное соотношение элементов и характер их взаимной связи в пространственной решетке. Химическая формула аморфных минералов отражает только количественное соотношение элементов.

В составе экзогенных минералов содержится вода. Однако в строении пространственной решетки молекулярная вода не участвует, а ее удаление лишь обезвоживает минерал. Например после нагревания гипса вода испаряется, и образуется новый минерал со своим химическим составом, называемый ангидритом. Химически связанная вода входит в пространственную решетку, и ее удаление приводит к разрушению минерала (глинистые минералы).

5.

Все минералы по химическому составу делятся на 10 классов:

- силикаты. Этот класс включает до 800 минералов. Все они являются составной частью магматических и метаморфических пород. Представителями данного класса являются полевые шпаты, слюды, тальк и др.;

- оксиды и гидроксиды. Два класса объединяют около 200 минералов, на долю которых приходится до 17% массы земной коры. Они устойчивы к воде и растворам. Наибольшее распространение имеют кварц, опал и лимонит;

- карбонаты. К этому классу относится более 80 минералов, происхождение которых связано с водными растворами. При взаимодействии с водой они немного снижают свою механическую прочность, слабо растворяются в воде, разрушаются в кислотах. Наиболее распространены кальцит, магнетит, доломит;

- сульфаты. Этот класс насчитывает до 260 минералов. Происхождение также связано с водными растворами. Характеризуются небольшой твердостью и светлой окраской, а также хорошо растворяются в воде (гипс, ангидрит). Так, при соприкосновении с водой ангидрит переходит в гипс, увеличиваясь в объеме до 33%;

- сульфиды (насчитывают до 200 минералов). Представитель – пирит. Сульфиды разрушаются под действием ветра, поэтому их примесь снижает качество строительных материалов;

- галоиды (около 100 минералов). Происхождение связано с водными растворами. Наибольшее распространение имеет галит;

- фосфаты (представитель – апатит), вольфраматы (вольфрамит), самородные элементы (алмаз). Встречаются реже, чем минералы других классов.

6.

Искусственные минералы – минеральные образования, возникшие в результате техногенной деятельности человека. В результате техногенной деятельности создано более 150 искусственных минералов.

Выделяют два вида искусственных минералов: аналоги и техногенные. **Аналоги** – это повторение природных минералов (алмаз, корунд, горный хрусталь и т.д.). **Техногенные** – это вновь созданные минералы с наперед заданными свойствами (алит – вяжущие свойства, муллит – огнеупорность). Такие минералы входят в состав различных материалов. Например: в цемент – алит, белит; в огнеупоры – муллит, периклаз.

ЛЕКЦИЯ № 3

«Общие сведения о горных породах»

План лекции

1. Сведения о горных породах.
2. Общие сведения о магматических горных породах.
3. Классификация магматических горных пород по химическому составу.
4. Структура и текстура магматических горных пород.
5. Формы залегания и отдельности магматических горных пород.
6. Условия образования и классификация осадочных горных пород.
7. Особенности осадочных горных пород.
8. Обломочные осадочные горные породы, классификация.
9. Осадочные породы органогенного происхождения.
10. Осадочные породы химического происхождения.
11. Осадочные породы смешанного происхождения.
12. Метаморфические горные породы. Условия образования.
13. Типы метаморфизма и формы залегания метаморфических горных пород.
14. Особенности и классификация метаморфических горных пород.

1.

Горные породы окружают нас повсюду. Если за городом их можно наблюдать преимущественно в естественном состоянии, то в городе они представлены в переработанном виде. Стены и полы квартир, дорожное покрытие, декоративные элементы зданий.

Горные породы представляют собой минеральные образования, состоящие из агрегатов минералов. Горная порода может состоять из массы одного какого-либо минерала и в этом случае называется мономинеральной (гипс, известняки). Порода, состоящая из нескольких минералов – полиминеральной (галит). Горные породы не имеют химических формул, а их состав оценивается валовым химическим анализом.

Изучением состава, происхождения и физических свойств горных пород занимается наука **петрография**. Известно около 1000 представителей, которые по своему происхождению делятся на магматические (изверженные), осадочные и метаморфические. Магматические породы образуются при кристаллизации застывающей магмы и лавы. Осадочные породы – продукты разрушения других пород и накопления остатков организмов. Эти продукты переносятся механическими силами, выделяются из растворов и отлагаются на дне морей, озер, рек или на поверхности Земли. Метаморфические породы образуются при воздействии на изверженные или осадочные породы высоких температур и давлений, и поступления в эти породы различных веществ, выделяющихся из магмы в форме газов или высокотемпературных растворов.

В земной коре магматические и метаморфические породы занимают 95% от общей массы. Осадочные породы располагаются непосредственно на поверхности Земли, покрывая собой в большинстве случаев магматические и метаморфические породы.

2.

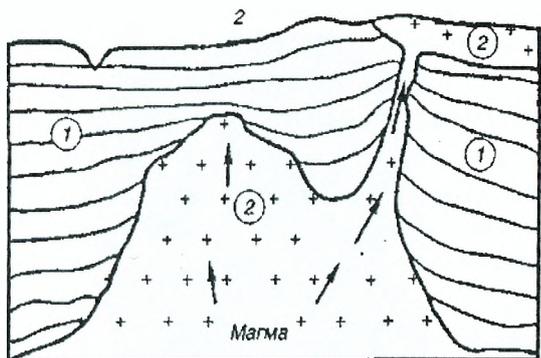
Магматическими горными породами называют горные породы, образованные в результате кристаллизации магмы при ее остывании в недрах Земли или на ее поверхности. Магма представляет собой сложный силикатный расплав, с температурой 100-1300°C. В зависимости от условий, в которых происходит охлаждение и остывание магмы, горные породы делят на интрузивные (глубинные) и излившиеся (эффузивы).

Разновидностями этих пород соответственно являются жильные и вулканические. *При формировании вулканических пород магму называют лавой.*

В настоящее время существует несколько гипотез о зарождении магмы. Согласно первой, в основе зарождения магмы лежит единая первичная магма базальтового состава, дальнейшая же дифференциация ее привела к образованию различных по составу магматических пород. Вторая гласит о том, что различные минералого-петрографические различия магматических горных пород обусловлены существованием нескольких первичных магм разного состава. А академик Е.М. Сергеев считал, что обра-

зование интрузивных пород происходит путем перекристаллизации ранее существовавших пород под действием высоких температур, давлений и сложных по химическому составу растворов.

Любая из этих гипотез обуславливает необходимость дифференциации вещества магмы для формирования различных по составу магматических горных пород. Особенности дифференциации магмы образуют как одну, так и несколько типов горных пород.



1 – толщина осадочных пород; 2 – поверхность Земли
Рисунок 3.1 – Схема образования магматических горных пород

Петрографами выделено и описано около 600 магматических горных пород и их разновидностей различного химико-минералогического состава с разнообразными условиями образования. Так, глубинные магматические горные породы сформированы в условиях высокого давления, медленного и равномерного остывания. Таким образом образованы плотные, массивные, полнокристаллические горные породы (гранит, габбро); излившиеся магматические горные породы – в результате остывания магмы в условиях низкого давления и температуры, быстрой отдачи тепла и газов.

При этом возникли породы с обилием аморфного стекла, зачастую с большой пористостью (базальт, пемза).

3.

Основная классификация магматических горных пород основана на содержании в них кремнезема (двуокиси кремния – SiO_2) – таблица 3.1.

Таблица 3.1 – Классификация магматических горных пород

Состав пород		Породы	
содержание двуокиси кремния (SiO_2), %	минералы	глубинные	излившиеся
Кислые породы (75–65)	Кварц, полевые шпаты (чаще ортоклаз), слюды	Граниты	Кварцевый порфир, липарит
Средние породы (65–52)	Полевые шпаты (чаще орто-клаз), роговая обманка, биотит Плагиоклазы, роговая обманка, авгит, биотит	Сиениты Диориты	Ортоклазовый порфир, трахит Порфирит, андезит
Основные породы (52–40)	Плагиоклазы (чаще лабрадор), авгит, иногда оливин	Габбро	Диабаз, базальт
Ультраосновные породы (менее 40)	Авгит Авгит, оливин, рудные минералы Оливин, рудные минералы	Пироксениты Перидотиты Дуниты	– – –

Такая классификация имеет практическое значение, ибо с уменьшением SiO_2 возрастает плотность, понижается температура плавления, изменяется окраска от светлой до темной, уменьшается количество кварца и увеличивается количество пироксенов. Минералогический состав магматических горных пород разнообразен. Из первичных преобладают полевые шпаты, пироксены, кварц, слюда, вторичных – глинистые минералы и карбонаты. Количество этих минералов может служить показателем степени выветрелости породы.

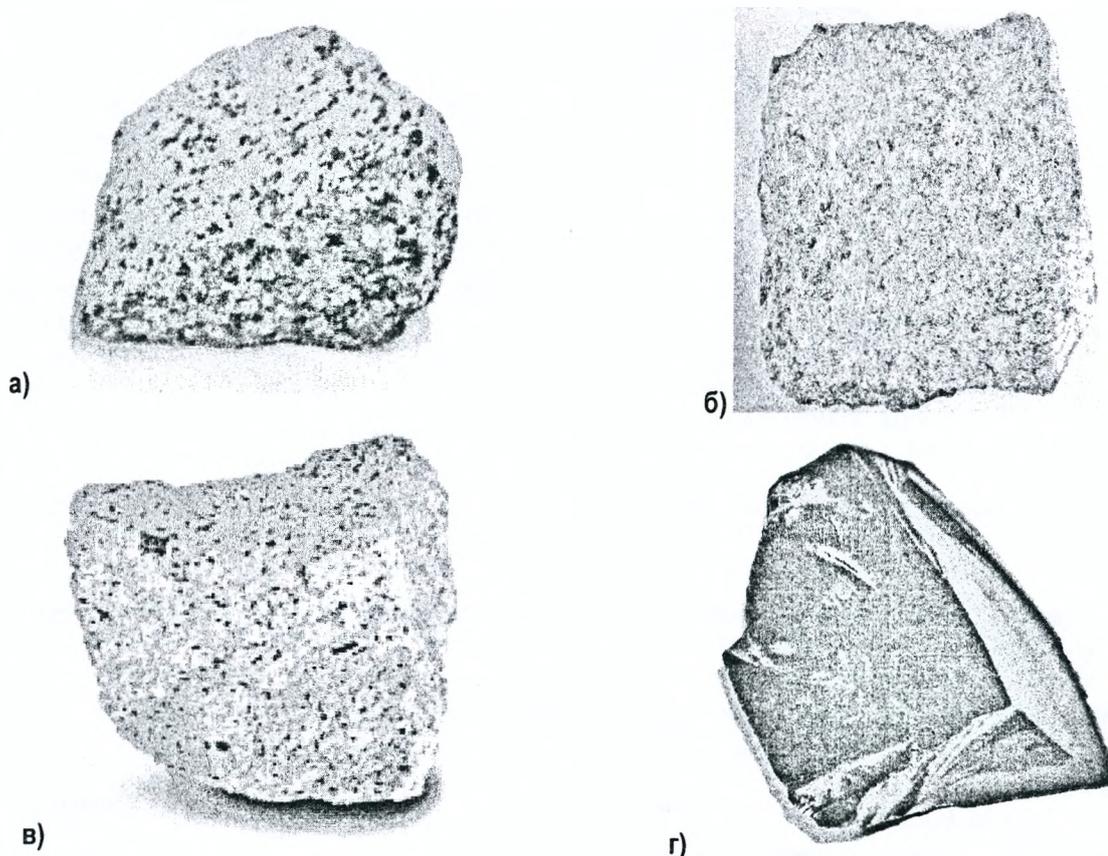
4.

Свойства пород зависят от особенностей их внутреннего строения и сложения в массиве.

Структура – особенности внутреннего строения породы, обусловленные размерами, формой и количественным соотношением ее составных частей минералов. С физической точки зрения структура – это характеристика, определяющая мелкие и тончайшие особенности внутреннего строения породы.

В магматических горных породах различают ряд структур (рисунок 3.2): 1) зернистые – отдельные минеральные зерна различимы простым глазом и приблизительно одинаковы по размеру. Эти структуры типичны для глубинных пород (гранит); 2) полукристаллические – совместное нахождение кристал-

лов и аморфного стекла (пироксенит); 3) порфиоровые – строение горных пород, при котором более или менее крупные, правильно оgranённые кристаллы (вкрапленники) погружены в общую тонкозернистую массу породы (кварцевый порфир); 4) стекловатые – структуры вулканических горных пород, состоящих только из вулканического стекла или содержащих наряду с ним небольшое количество кристаллов – вкрапленников, включенных в основную массу породы, типичны для излившихся пород (обсидиан).

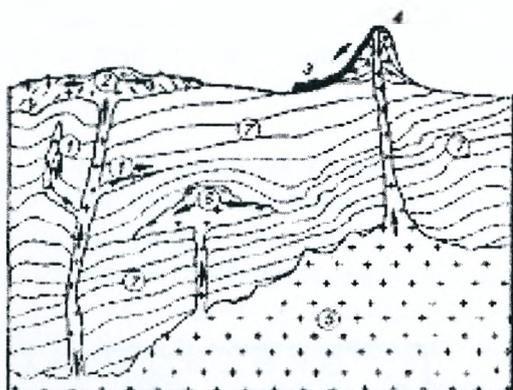


а) зернистая – гранит; б) полукристаллическая – пироксенит;
в) порфиоровая – кварцевый порфир; г) стекловатая – обсидиан
Рисунок 3.2 – Структуры магматических горных пород

Текстура (сложение) – характеризует пространственное расположение частей породы в ее объеме. Для магматических горных пород характерны следующие текстуры: 1) массивная – равномерное, плотное расположение минералов (диабаз); 2) полосчатая – чередование в породе участков различного минерального состава или различной структуры; 3) шлаковая – порода, содержащая видимым глазом пустоты (вулканический туф).

5.

Формы залегания. Глубинные горные породы залегают в виде батолитов, штоков, лакколлитов, жил (рисунок 3.3).



1 – жилы; 2 – покров; 3 – поток; 4 – вулканический конус; 5 – батолит; 6 – лакколлит; 7 – толща осадочных пород

Рисунок 3.3 – Основные формы залегания магматических горных пород

Батолиты – огромные массивы горных пород до нескольких сотен километров, залегающих глубоко от земной поверхности.

Штоки – ответвления от батолитов.

Лакколиты – грибообразные формы, образованные при внедрении магмы между слоями осадочных пород.

Жилы – возникают при заполнении магмой трещин в земной коре.

Для излившихся горных пород характерны купола, лавовые покровы, потоки.

Купола – сводообразные формы.

Лавовые покровы – образуются в результате растекания магмы на поверхности Земли.

Потоки – вытянутые формы, возникшие в результате течения магмы из вулканов.

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

Строительные свойства магматических пород высокие. Это объясняется их минеральным составом и жесткими кристаллизационными связями в структурах. Отдельности облегчают разработку горных пород, но в целом снижают качество пород.

6.

Любая порода, находящаяся на земной поверхности, подвергается воздействию выветривания, т.е. разрушительному воздействию воды, колебаний температур и т.д. В результате этого воздействия породы постепенно разрушаются, образуя обломки разных размеров, распадаясь до мельчайших частиц.

Продукты разрушения переносятся ветром, водой и на определенном этапе переноса отлагаются, образуя рыхлые скопления или осадки. Накопление происходит на дне рек, морей, океанов и на поверхности суши. Из рыхлых осадков с течением времени формируются различные осадочные породы.

Осадочные породы слагают самые верхние слои земной коры, покрывая своеобразным чехлом породы магматического и метаморфического происхождения. Эти породы составляют всего 5% земной коры. Однако земная поверхность на 75% своей площади покрыта только этими породами. В связи с этим строительство производится в основном на осадочных породах.

Мощность толщ осадочных пород колеблется в широких пределах – в одних местах она очень мала, в других исчисляется километрами.

Строение, состав и состояние осадочных пород формируются в зависимости от ее генезиса, а инженерно-геологические свойства – в процессе литогенеза. **Литогенез** представляет собой совокупность геологических процессов, определяющих современный состав, строение, состояние и свойства осадочных горных пород.

Выделяют следующие стадии литогенеза:

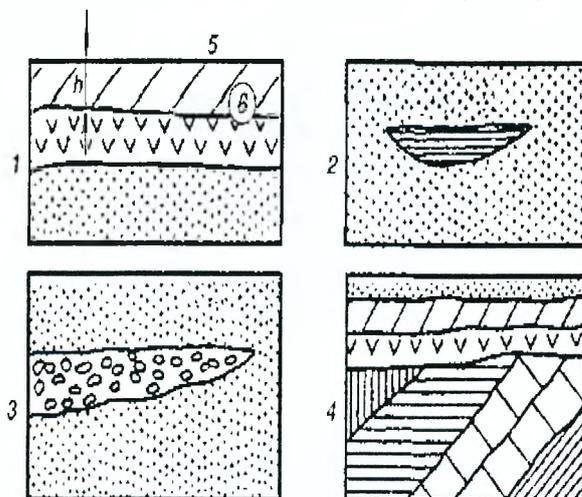
- гипергенез – выветривание – разрушение кристаллических и других пород, образование новых минералов, обломков пород, обломков минералов, коллоидных и истинных растворов;
- седиментогенез – перенос и отложение материала – образование осадка;
- диагенез – превращение осадка в осадочную породу;
- катагенез – начальные изменения осадочной породы;
- метагенез – глубокие изменения осадочной породы – образование метаморфизованных осадочных пород.

Катагенез и метагенез иногда объединяют в одну стадию, называемую эпигенезом. *Осаждение вещества, его преобразования протекают по-разному, в зависимости от физико-химических условий среды, температуры, давления, длительности и интенсивности процесса (скоростей течения воды, движения воздуха, льда и т.п.).*

Классификация осадочных горных пород. В соответствии с условиями образования осадочные горные породы принято делить на четыре группы: 1) обломочные (механические); 2) глинистые; 3) химические; 4) органогенные. Между породами этих групп существуют многочисленные переходы, создающие разновидности, которые относят к группе смешанного происхождения.

7.

Слои образуются в процессе накопления осадков в морях, озерах, долинах рек и т.д. Это обуславливает образование слоев различной формы как по размеру в плане, так и по очертаниям по вертикали. Обычным является нормальный слой, для которого характерна сравнительно большая мощность и протяженность, параллельность кровли подошве. Также встречаются линзы – слои, занимающие малые площади с выклиниванием мощности к краям слоя; выклинивающиеся слои – мощности которых уменьшаются в одну сторону (рисунок 6.4).



1 – нормальные слои; 2 – линза глины в песке; 3 – выклинивание галечника в песке; 4 – несогласное залегание слоев; 5 – кровля слоя; 6 – ложе; h – мощность слоя

Рисунок 3.4 – Форма слоев осадочных пород

Важное значение имеет сочетание слоев. При согласном залегании слои лежат параллельно друг другу, чаще всего горизонтально. В других случаях за счет тектонических движений земной коры возникает несогласное залегание слоев. Одна группа слоев при этом залегает непараллельно другой группе.

- Климатические условия. Влияют на состав и свойства осадочных пород: в пустынях образуются породы обломочного характера, в замкнутых бассейнах накапливаются отложения солей и т.д. Окраска пород зависит от климатических условий: породы тропиков и субтропиков обладают красноватой окраской, холодному климату свойственны серые тона.

- Органические остатки. В большинстве осадочных пород наблюдаются остатки растений, скелетных частей, раковин организмов в виде окаменелостей.

8.

По происхождению обломочные породы могут быть морскими, озерными, речными, ледниковыми, ветровыми, вулканическими и др. Они образуются из продуктов разрушения любых горных пород, оставшихся на месте разрушения, или переносятся различными транспортирующими агентами (вода, ветер) и отлагаются вдали от мест разрушения.

В основу классификации обломочных пород положены:

- размеры обломков: 1) грубые; 2) песчаные; 3) пылеватые; 4) глинистые;
- внешние очертания обломков: 1) угловатые; 2) окатанные;
- наличие структурных связей: 1) рыхлые скопления; 2) сцементированные между собой обломки.

Глинистые частицы к обломкам отнесены условно, так как их происхождение больше связано с химическими процессами и меньше с механическим разрушением. С виду самостоятельной группы отнесены породы, сформированные из твердых вулканических продуктов (пепла, песка).

Рыхлые обломочные породы. *Грубообломочные породы:* угловатые (глыбы, щебень, дресва) и окатанные (валуны, галька, гравий). Наибольшее их количество приходится на горные районы, морские побережья, речные долины, районы ледниковых отложений. Любое строительство связано с широким использованием грубообломочных материалов (щебень, гравий).

Песчаные породы – рыхлые накопления, состоящие из обломков минералов песчаного размера (2–0,05 мм). Таких частиц в породе должно быть не менее 50%. По крупности частиц пески подразделяют на крупные (2–0,5 мм), средние (0,5–0,25 мм), мелкие (0,25–0,10 мм) и пылеватые (менее 0,10 мм). Происхождение песков – речное, ветровое, морское и т.д.

Пылеватые и глинистые породы состоят из пылеватых, глинистых и песчаных частиц. В зависимости от гранулометрического состава эти породы называются глинами, суглинками и супесями. Глины – это породы с содержанием глинистых частиц более 30%, суглинки – от 10 до 30 %, супеси – менее 10%. Пылеватые и глинистые породы имеют наиболее широкое распространение на поверхности Земли и составляют около 50% общего объема осадочных пород и чаще всего являются основаниями различных зданий и сооружений.

В природных условиях рыхлые обломочные породы могут не только уплотняться, но и цементироваться с образованием сцементированных пород.

Цементированные обломочные породы. Цементация, как правило, происходит в земной коре на некоторой глубине, ниже зоны выветривания. По взаимоотношению обломков и цементирующего вещества различают базальтный, контактовый и поровый тип цемента. Наиболее прочны породы с базальтным цементом. Цементирующие вещества по своему составу могут быть кремнеземистыми, железистыми, известковыми и глинистыми. Наиболее прочным является кремнеземистый цемент, менее прочным – глинистый. Широко распространены такие цементированные породы, как конгломераты, брекчи, алевролиты, аргиллиты.

9.

Породы органогенного происхождения образуются в результате накопления и преобразования остатков животного (зоогенные) и растительного (фитогенные) миров. Для всех их характерна значительная пористость, сильная сжимаемость и растворимость в воде.

По химическому составу органогенные породы могут быть: 1) карбонатные – состоят из минеральных остатков различных кораллов, плеченогих, иглокожих, моллюсков, водорослей, глобигерин и др. (известняки, мел, ракушечник и т.д.); 2) кремнистые – представлены скоплениями радиолярий, скорлупками диатомовых водорослей, кремнистыми губками с их спикулами (диатомит, трепел, опока, яшмы и др.); 3) фосфатные – образованы остатками позвоночных животных и некоторыми раковинами плеченогих. В особую подгруппу выделены горючие породы – образованы углеродом в свободном состоянии и в форме более или менее сложных органических соединений с примесью разных количеств азота, водорода, кислорода и всевозможных минеральных веществ. Среди горючих различают породы угольного (торф, каменный уголь и др.) и битумного ряда (нефть, асфальт и др.).

Рассмотрим некоторые наиболее распространенные органогенные породы.

Диатомит – очень пористая, слабощементированная порода серо-белесого цвета, состоит из остатков диатомовых водорослей с примесью глинистых минералов. Общее содержание кремнезема до 95%. Залегает слоями. Специфическими особенностями являются огнеупорные, кислотоупорные, звуко- и теплоизоляционные свойства.

Опока – кремнистая пористая порода. Внешне опока похожа на мергель, залегает пластами. Характеризуется раковистым изломом.

Торф – порода, образовавшаяся под водой без доступа воздуха из разлагающихся растительных остатков, перемешанных с песчаными и глинистыми частицами. Порода очень пористая, влагоемкая (до 400%), сильно сжимаемая, залегает слоями и линзами, плотность не более 1 г/см³, окраска от черной до бурой.

10.

Породы химического происхождения (хемогенные) – породы, образовавшиеся в результате разнообразных химических процессов и выпадения из растворов химических осадков.

В результате химического выветривания образуются каолины, бокситы, аллиты, сиалиты и латериты. Наиболее распространенными породами химического происхождения являются различные известняки, известковый туф и др. Общим для них всех является растворимость, наличие пустот и трещиноватость.

Хемогенные известняки (известковые туфы и оолитовые известняки) возникают при осаждении карбонатов из водных растворов. Известковые туфы представляют собой неслоистые отложения, образующиеся на склонах, в местах выхода подземных вод. В сухом виде их прочность достигает $8 \cdot 10^4$ кПа. Оолитовые известняки сложены из мелких зерен кальцита, цементированных кальцитовым цементом. Формируются они обычно на дне морей в виде пластов, поэтому имеют очень низкую прочность – до $2 \cdot 10^4$ кПа.

11.

Горные породы смешанного происхождения – осадочные горные породы, в составе которых существенную роль играют несколько компонентов либо разной размерности (крупности) частиц, либо разного химико-минералогического состава и происхождения. В группе обломочных горных пород к числу смешанных относятся глинистые пески, песчанистые глины, алевроитовые глины и др. В группе химических карбонатных пород смешанными являются доломитовые известняки (10–50% доломита, остальное CaCO₃) и известковые доломиты (10–50% CaCO₃, остальное доломит). При смешении обломочного и химического материалов между чистыми песками и известняками возникают промежуточные смешанные породы – известковые песчаники и песчаные известняки. При смешении глинистого и известкового материалов промежуточными между глинами и чистыми известняками являются известковые

глины (10–30% CaCO₃), мергели (30–70% CaCO₃), глинистые известняки (70–90% CaCO₃) и др. Осадочные горные породы смешанного происхождения весьма распространены в природе.

Песчаные известняки – это известняки с примесью песчаного материала. Цвет их чаще всего серый. Образуются они в водоемах, где накапливаются обломочный материал и осадки, представляющие собой либо соли, выпавшие из концентрированных растворов, либо органические остатки.

12.

На земной поверхности имеет место процесс выветривания. Глубже располагается зона цементации. Непосредственно здесь рыхлые породы уплотняются и цементируются. Под зоной выветривания и цементации (примерно с глубины 0,8 км) располагается зона метаморфизма. Метаморфизм – совокупность физико-химических процессов, ведущих к изменению горных пород, после их образования. При этом породы остаются в твердом состоянии, хотя имеют и вторичное происхождение.

К основным факторам метаморфизма относят: высокие температуры, давление и химически активные вещества. Эти факторы вызывают изменения как химического и минералогического состава, так и структуры исходных (первичных) пород.

Метаморфические породы по внешнему виду и условиям залегания занимают промежуточное положение между магматическими и осадочными породами. По минеральному составу ближе к магматическим породам.

13.

Степень метаморфизма и его типы самые разнообразные. Но в зависимости от ведущего фактора метаморфизма, петрографы выделяют следующие виды: 1) контактовый; 2) динамометрический; 3) региональный.

Контактовый метаморфизм развивается на контакте между внедрившейся магмой и вмещающими ее горными породами. Высокая температура, действие газов и паров приводит к коренному изменению вмещающих пород, которые превращаются в породы зернистого вида (кварцит, мрамор).

Динамометрический метаморфизм развивается под действием высокого давления, возникающего от массы вышележащих пород или горообразовательных процессов. При этом образуются сланцеватые породы типа глинистых сланцев.

Региональный метаморфизм проявляется в глубине земной коры и на больших площадях. Толщу пород, где происходит этот процесс, называют поясом метаморфизма, в котором выделяют три зоны: верхнюю, среднюю и нижнюю.

Формы залегания. Метаморфические породы, возникшие из глубинных магматических пород, сохраняют их первоначальную форму залегания. При метаморфизации осадочных пород слоистость сильно деформируется. При контактовом метаморфизме образуются своеобразные оболочки метаморфических пород, окружающих магматические породы. Динамометаморфизм образует мощные зоны смятия, возникают сложные складки. При региональном метаморфизме измененные осадочные породы часто сохраняют первичную слоистость.

В процессе движения земной коры метаморфические горные породы могут быть выведены на дневную поверхность и служить объектом строительной деятельности человека. *Они являются хорошим скальным основанием для зданий и сооружений. При строительстве подземных сооружений сланцеватость оказывает неблагоприятное действие, так как по плоскостям сланцеватости возможны обвалы, особенно кровли горизонтальных и подземных выработок. Породы чаще всего бывают трещиноватыми.*

14.

Метаморфическим породам присущи кристаллическая структура и своеобразные текстуры. Выделяют следующие виды текстур: 1) слоистую; 2) сланцеватую – однообразное расположение (параллельно друг другу) пластинчатых минералов; 3) полосчатую – обособление минеральных скоплений в форме полос, в виде слоев.

Классификация метаморфических пород. Основана на структурно-текстурных признаках и минеральном составе. Среди них выделяют породы: 1) массивные (зернистые) – кварцит, мрамор; 2) сланцеватые – гнейс, кристаллические сланцы различного минерального состава.

Мрамор – кристаллическая порода, сложенная кальцитом и доломитом. Окраска от белой до голубой. Плотность до 2,8 г/см³, а прочность – до 120·10⁴ кПа. Легко выветривается и поддается обработке.

Сланцы образуются из различных пород. Наиболее распространены – глинистые, тальковые, хлоритовые. Для них характерна сильная сланцеватость и легкая раскальиваемость. Прочность – от 0,5 до 15·10⁴ кПа. Специфические свойства – огнеупорность, теплоизоляция и пластичность.

ЛЕКЦИЯ № 4

«Геологическая хронология земной коры»

План лекции

1. Историческая геология, цели и задачи.
2. Методы определения возраста горных пород.
3. Понятия абсолютного и относительного возраста горных пород.
4. Шкала геологического времени.

1.

Историческая геология – специальная наука, изучающая историю и закономерности развития и образования земной коры. Для восстановления истории развития земной коры используют геологические «документы» в виде толщ пород, которые характером своих напластований, остатками ископаемых организмов свидетельствуют об этапах развития земной коры.

К задачам исторической геологии относятся:

- установление абсолютного возраста;
- установление относительного возраста;
- изучение последовательности образования горных пород во времени;
- сопоставление горных пород в порядке отложения их по вертикали;
- распространение выделенных возрастных единиц на земной поверхности по горизонтали.

Установление возраста горных пород необходимо для оценки их свойств и определения положения среди других пород. Вся геологическая документация, в частности геологические карты и разрезы, требуют применения показателей возраста пород.

2.

Для установления возраста горных пород используют следующие методы: 1) радиоактивный; 2) стратиграфический; 3) петрографический; 4) тектонический; 5) палеонтологический.

Радиоактивный метод основан на знании скорости радиоактивного распада, т. е. определив относительное количество содержащегося в породе исходного радиоактивного вещества и количество продуктов распада, можно найти время, прошедшее с начала образования данной породы.

Стратиграфический метод применяют для толщ с ненарушенным горизонтальным залеганием слоев. При этом считают, что нижележащие слои (породы) являются более древними, чем вышележащие. Этот метод не используют при залегании слоев в виде складок.

Петрографический метод основан на детальном изучении состава горных пород, слагающих земную кору. Он широко используется при определении возраста магматических и осадочных пород.

Тектонический метод основан на установлении тектонических несогласий между слоями. Эти несогласия свидетельствуют о тектонических движениях.

Палеонтологический метод позволяет определять возраст осадочных пород по отношению друг к другу независимо от характера залегания слоев и сопоставлять возраст пород, залегающих на различных участках. В основу метода положена история развития органической жизни на Земле. Животные и растительные организмы развивались постепенно, последовательно. Остатки вымерших организмов захоронялись в тех осадках, которые накапливались в тот отрезок времени, когда они жили. Зная последовательность и период жизни вымерших организмов, по их остаткам можно определить возраст слоев осадочных пород.

3.

Различают абсолютный и относительный возраст горных пород.

Абсолютный возраст Земли и абсолютный возраст горных пород долгое время оставались неопределенными. Только в XX в. благодаря открытию явлений радиоактивного распада удалось поставить задачу абсолютного возраста Земли и горных пород на научную основу. Зная скорость радиоактивного распада, определив относительное количество содержащегося в данной породе исходного радиоактивного вещества и количество продуктов его распада, можно определить возраст. Ошибки при опре-

делении возраста пород возникают из-за: 1) выноса, утечки радиоактивного вещества при выветривании породы; 2) потери при распаде радиоактивного вещества; 3) примеси нерадиоактивного вещества, находящегося в породе.

Абсолютный возраст – время, показывающее произошедшие события по отношению к какому-либо событию, являющимся точкой отсчета биологического времени. Началом отсчета является момент образования земной коры (4,5 – 5 млрд. лет). Исчисляется в миллионах лет. В качестве метода определения абсолютного возраста пород используют радиоактивный метод.

Относительный возраст позволяет определять возраст пород относительно друг друга, т.е. устанавливать, какие породы древнее, какие моложе. Для установления относительного возраста применяют стратиграфический, петрографический, тектонический и палеонтологический методы.

4.

Все геологическое время разделили на отрезки. Так была создана геохронологическая шкала. Для слоев пород, которые образовались в эти отрезки времени, были предложены свои названия, что позволило создать стратиграфическую шкалу (таблица 4.1).

Самый длительный отрезок времени – эон. Толщу, образованную за это время из слоев пород, называют эонотемой. Самый короткий отрезок – век. Толщу, образующуюся в течение века, называют ярусом. Каждый отрезок времени получил наименование и обозначение в виде индекса, а на геологических картах – свою окраску. Так, современный период называют четвертичным, его индекс – Q; на геологических картах для его обозначения принят серо-зеленый цвет. Самый древний период – кембрийский.

Таблица 4.1 – Стратиграфическая шкала

Геологическая шкала времени	Стратиграфическая шкала слоев пород
Эон	Эонотема
Эра	Эратема
Период	Система
Эпоха	Отдел
Век	Ярус

Периоды делят на эпохи (отделы). Например, триасовый период (T) подразделяют на нижнюю (T₁), среднюю (T₂) и верхнюю (T₃) эпохи. Каждую эпоху разделяют на века (ярусы). Например, K₂^{dat}, что читается как меловой период, верхняя эпоха, датский век. Верхний индекс дает наименование века. Современный четвертичный период имеет деление на эпохи, обозначенными римскими цифрами – Q_I, Q_{II}, Q_{III}, Q_{IV}. Кроме того, перед индексом Q, ставят знаки, обозначающие генезис (происхождение) пород. Например, aQ_{III} – породы аллювиального (речного) происхождения.

Инженеры-строители должны знать, что понимают под возрастными индексами горных пород, и использовать это в своей работе, чтении геологической документации (карт и разрезов) при проектировании зданий и сооружений.

ЛЕКЦИЯ № 5

«Тектонические движения земной коры»

План лекции

1. Тектонические структуры земной коры.
2. Виды тектонических движений земной коры.
3. Складчатые дислокации горных пород.
4. Разрывные дислокации горных пород.
5. Значение дислокаций и их учет при строительстве.
6. Сейсмические явления в земной коре, причины, классификация.
7. Землетрясения.
8. Моретрясения.
9. Сейсмическое районирование и строительство в сейсмических районах.

1.

Строение земной коры, геологические структуры, закономерности их расположения и развития изучает раздел геологии – **геотектоника**. Движения земной коры, вызывающие изменение залегания геологических тел, – **тектоническими движениями**.

Тектонические движения в земной коре проявляются постоянно. В одних случаях они медленные, мало заметные для глаза человека (эпохи покоя), в других – в виде интенсивных бурных процессов (тектонических революций).

Подвижность земной коры зависит от характера ее тектонических структур. К наиболее крупным относят платформы и геосинклинали. **Платформы** – устойчивые, жесткие, малоподвижные структуры с выровненными формами рельефа. Снизу они состоят из жесткого неподдающегося складчатости участка земной коры, над которым горизонтально залегает толща ненарушенных осадочных пород (Русская и Сибирская платформы). Для платформ характерны спокойные, медленные движения вертикального характера. **Геосинклинали** – подвижные участки земной коры. Располагаются между платформами и представляют собой как бы их подвижные сочленения. Для геосинклиналей свойственны разнообразные тектонические движения, вулканизм, сейсмические явления. Характерной особенностью геосинклиналей является накопление в их зоне мощных толщ осадочных пород.

2.

Тектонические движения земной коры можно разделить на три основных типа:

- 1) колебательные, выражающиеся в медленных поднятиях и опусканиях отдельных участков земной коры и приводящие к образованию крупных поднятий и прогибов;
- 2) складчатые, обуславливающие смятие горизонтальных слоев земной коры в складки;
- 3) разрывные, приводящие к разрывам слоев и массивов горных пород.

Колебательные движения. Колебательные движения не изменяют первоначальных условий залегания горных пород, но от них зависит положение границ между сушей и морями, обмеление и усиление размывающей деятельности рек, формирование рельефа и др.

Различают следующие виды колебательных движений земной коры: 1) прошедших геологических периодов; 2) новейшие, связанные с четвертичным периодом; 3) современные.

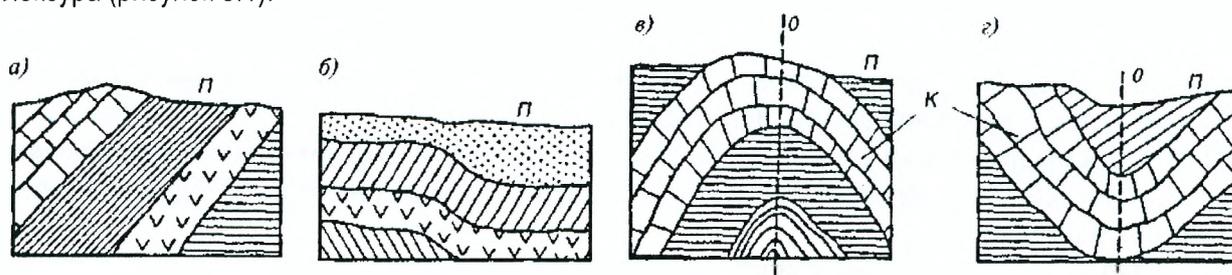
Колебательные движения прошедших геологических периодов сегодня обнаруживаются в перерывах отложения осадков, перераспределении моря и суши, в смене состава слоев в вертикальном и горизонтальном направлениях. *Основными явлениями здесь явились регрессия (поднятие местности и отступление моря) и трансгрессия (опускание местности, накопление морских осадков и наступление моря).*

Новейшие колебательные движения, связанные с четвертичным периодом, определяют опускание берегов морей и океанов и наступление их на сушу. Например, приустьевая часть р. Конго опустилась и прослеживается на дне океана до глубины 2 км на расстоянии от берега до 130 км.

Современные колебательные движения охватывают сегодня всю поверхность Земли. Они представляют особый интерес для инженерной геологии, т. к. вызывают изменение высот поверхности земли в данном районе. Например, районы Минска опускаются со скоростью 3,1 мм/год, Бреста – 3,2 мм/год, Москвы – 3,7 мм/год. Много уже веков интенсивно опускаются районы Голландии – до 60 мм/год и практически через 70-100 лет она может уйти под уровень моря. Их необходимо учитывать при строительстве гидротехнических сооружений типа водохранилищ, плотин, мелиоративных систем, городов у моря. Современные колебательные движения земной коры изучает наука **неотектоника**.

3.

Осадочные породы первоначально залегают горизонтально или почти горизонтально. Это положение сохраняется даже при колебательных движениях земной коры. Складчатые тектонические движения выводят пласты из горизонтального положения, придают им наклон или сминают в складки. Таким образом, возникают складчатые дислокации. Для них характерно образование без разрыва сплошности пластов. К складчатым дислокациям относятся **моноклираль**, **антиклиналь**, **синклираль** и **флексура** (рисунок 5.1).



а) моноклираль; б) флексура; в) антиклиналь; з) синклираль;
К – крылья; О – ось складок; П – поверхность Земли

Рисунок 5.1 – Складчатые дислокации

Моноклираль является самой простой формой нарушения первичного залегания пород и характеризуется общим наклоном слоев к горизонту. Выделяют моноклинали со слабонаклоненными слоями ($\alpha = 0-16^\circ$, где α – угол наклона), пологонаклоненными ($\alpha = 17-31^\circ$), сильнонаклоненными ($\alpha = 32-76^\circ$), крутыми ($\alpha = 77-81^\circ$) и поставленными на голову ($\alpha = 82-90^\circ$).

Антиклиналь – складка (волнообразный изгиб слоев), обращенная вершиной вверх.

Синклираль – складка, обращенная вершиной вниз. Бока складки называют крыльями, вершину – замком, а внутреннюю часть складки – ядром.

Флексура – коленоподобная складка, образующаяся при смещении одной части толщи пород относительно другой без разрыва сплошности.

4.

Разрывные дислокации формируются под действием интенсивных тектонических движений, приводящих к разрыву сплошности пород и смещению разорванных частей относительно друг друга. Смещение всегда происходит по плоскости разрыва и проявляется в виде трещины с шириной от 10 см до 10 м и амплитудой от 10 см до 3-5 км и более. Трещины всегда заполнены обломками горных пород.

Различают следующие виды разрывных дислокаций – сбросы, взбросы, горсты, грабены и надвиги (рисунок 5.2).

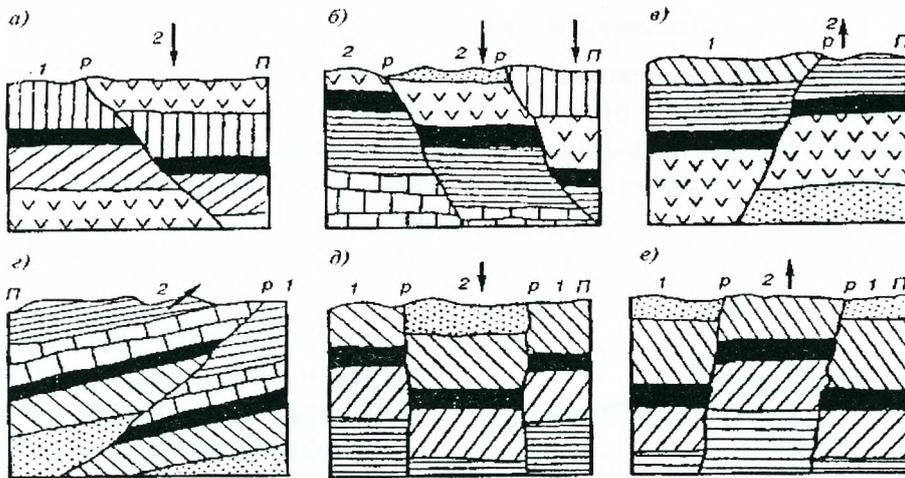
Сброс образуется в результате опускания одной толщи относительно другой.

Взброс имеет место при разрыве в результате поднятия одной толщи относительно другой. Иногда на одном участке образуется несколько разрывов. В этом случае возникают ступенчатые сбросы (или взбросы).

Грабен возникает, когда участок земной коры опускается между двумя крупными разрывами.

Горст – форма, обратная грабену.

Надвиг возникает при смещении толщ в горизонтальной или сравнительно наклонной плоскости. В результате надвига молодые отложения могут быть перекрыты породами более древнего возраста.

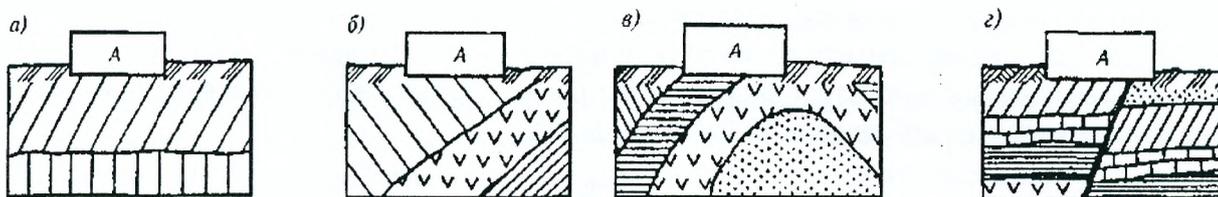


а) сброс; б) ступенчатый сброс; в) взброс; г) надвиг; д) грабен; е) горст; 1 – неподвижная часть толщи; 2 – смещенная часть толщи; П – поверхность Земли; р – разрыв слоев

Рисунок 5.2 – Разрывные дислокации

5.

При изучении инженерно-геологических условий строительных площадок необходимо устанавливать пространственное положение пластов. Наиболее благоприятными условиями являются горизонтальное залегание слоев, большая их мощность, однородность состава. В этом случае здания и сооружения располагаются в однородной грунтовой среде, создается предпосылка для равномерной сжимаемости под весом сооружения. В таких условиях сооружения получают наибольшую устойчивость (рисунок 5.3).



а, б – площадки, благоприятные для строительства; в – малоблагоприятные; г – неблагоприятные; А – здание

Рисунок 5.3 – Случаи геологического строения

Наличие дислокаций усложняет инженерно-геологические условия строительных площадок – нарушается однородность грунтов оснований, образуются зоны дробления, снижается прочность грунтов, по трещинам разрывов периодически происходят смещения, циркулируют подземные воды. При крутом падении пластов сооружение может располагаться одновременно на различных грунтах, что приводит к неравномерной сжимаемости слоев и деформации сооружений. К неблагоприятным условиям относятся сложный характер складок и их малые размеры. Нежелательно располагать сооружения на линиях разломов.

6.

Сейсмические явления проявляются в виде упругих колебаний земной коры. Сейсмические явления типичны для районов геосинклиналей, где активно действуют горообразовательные процессы.

Сотрясения сейсмического происхождения происходят почти непрерывно. Специальные приборы регистрируют в течение года более 100 тысяч сотрясений земли. По разрушительной мощности они бывают: 1) катастрофические (1 в год); 2) сильно разрушительные (10); 3) разрушительные (100); 4) сопровождающиеся повреждением зданий и сооружений (1000).

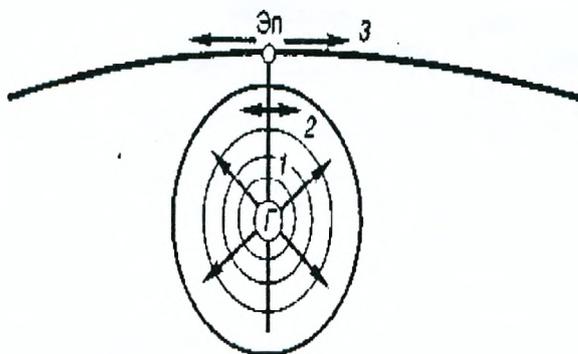
Сотрясения земли могут возникать: 1) в процессе извержения вулканов (Камчатка); 2) возникновение провалов и обрушения больших масс в водохранилища (Братское водохранилище); 3) при мощных взрывах, производимых в военных или строительных целях (Минеральные воды).

По частоте возникновения наблюдается до 90% тектонических, 7% вулканических и 3% обвальных сотрясений земли. Тектонические сейсмические явления возникают как на суше, так и на дне океана. В связи с этим различают моретрясения и землетрясения.

7.

Землетрясения – внезапные и резкие сотрясения участков земной коры, вызванные процессами, протекающими на некоторой глубине от поверхности земли. Наиболее крупное землетрясение на территории СНГ произошло в 1956 г (Забайкалье). Сила землетрясения составила 11 баллов.

Для землетрясения нужно выделять гипоцентр – очаг зарождения сейсмических волн (рис. 5.4). По глубине залегания гипоцентра различают землетрясения: 1) поверхностные – от 1 до 10 км глубины; 2) коровые – 30-50 км; 3) глубокие (плутонические) – от 100-300 до 700 км. Наиболее разрушительными являются поверхностные и коровые землетрясения.



1 – продольные; 2 – поперечные; 3 – поверхностные
Рисунок 5.4 – Гипоцентр (Г), эпицентр (Э), сейсмические волны

Непосредственно под гипоцентром на поверхности Земли располагается эпицентр. От гипоцентра во все стороны расходятся сейсмические упругие колебания в виде продольных и поперечных волн.

Продольные волны вызывают расширение и сжатие пород в направлении их движения и они распространяются как в твердой, так и в жидкой и газообразной средах.

Поперечные волны распространяются только в твердой среде и вызывают в горных породах деформации сдвига. Скорость распространения поперечных волн в 1,7 раза меньше скорости продольных.

На поверхности земли от эпицентра во все стороны расходятся поверхностные волны (волны тяжести). Именно эти волны определяют разрушение зданий и сооружений.

Для прогноза и оценки землетрясений во всем мире ведутся наблюдения с помощью сейсмостанций. В качестве приборов используют высокочувствительные сейсмографы. Для оценки интенсивности землетрясений в странах СНГ принята 12-балльная шкала.

8.

Моретрясения – внезапные и резкие сотрясения участков земной коры, вызванные процессами, протекающими на дне океанов. В результате сотрясений рождаются огромные пологие волны, с расстоянием между гребнями до 150 км и высотой до 15-20 м, называемые **цунами**.

Цунами перемещаются на расстояния в сотни и тысячи километров со скоростью 500-800 и даже более 1000 км/ч. По мере уменьшения глубины моря крутизна волн резко возрастает, и они со страшной силой обрушиваются на берега, вызывая разрушения сооружений и гибель людей. От цунами чаще всего страдают Японские, Индонезийские, Филиппинские и Гавайские острова, тихоокеанское побережье Южной Америки, восточные берега Камчатки и Курильские острова.

Самая высокая сейсмическая волна поднялась у побережья Аляски в 1964 г. Высота ее достигла 66 м, а скорость 585 км/ч.

Для предупреждения цунами созданы специальные службы наблюдения, которые предупреждают об их приближении. Для борьбы с цунами возводят инженерные сооружения в виде защитных насыпей, железобетонных молв, волноотбойных стенок, создают искусственные отмели. Здания размещают на высокой части рельефа.

9.

Для учета сейсмического воздействия в строительстве осуществляется сейсмическое районирование территории СНГ. В целом сейсмические районы занимают пятую часть территории. Это Карпаты, Кавказ, Памир, Тянь-Шань, Алтай, Забайкалье, Сахалин, Дальний Восток и Курилы.

Для стран СНГ и Прибалтики составлена карта сейсмического районирования. Однако нужно помнить, что балл, полученный по сейсмической карте, всегда подлежит уточнению с учетом конкретного геолого-литологического строения и геологических условий строительной площадки (таблица 5.1).

Таблица 5.1 – Изменение сейсмической интенсивности (в баллах) на основании инженерно-геологических данных

Категория пород по сейсмическим свойствам	Описание пород	Уточненная сейсмическая интенсивность (в баллах) в зависимости от сейсмичности района по сравнению с нормальной
I	Скальные нетрещиноватые породы магматические, метаморфические, осадочные: граниты, гнейсы, известняки, песчаники, конгломераты и т.п. Полускальные породы: мергели, кремнистые глины, глинистые песчаники, туфы, ракушечники и др. Крупнообломочные, особо плотные породы с расчетным сопротивлением $R_0 = 600$ кПа при глубине залегания грунтовой воды $h \geq 15$ м	7/6 8/7 9/8
II	Глины, находящиеся в твердом состоянии Пески, супеси и суглинки, при глубине залегания уровня грунтовых вод $h \leq 8$ м Крупнообломочные породы при залегании уровня грунтовых вод $6 < h < 10$ м	7/7 8/8 9/9
III	Глины, находящиеся в пластичном состоянии Пески, супеси, суглинки при глубине залегания уровня грунтовых вод $h \leq 4$ м Крупнообломочные породы при глубине залегания уровня грунтовых вод $h \leq 3$ м	7/8 8/9 9/10

Примечание: числитель – балльность нормальная, знаменатель – изменившаяся.

Опасными для строительства в сейсмических районах следует считать участки с сильно расчлененным рельефом, берега рек, склоны оврагов и ущелий, оползневые и карстовые участки. Совсем не пригодны для строительства участки, расположенные вблизи тектонических разрывов. Не рекомендуется возводить здания на стройплощадках, где подошва фундамента может достигнуть уровня подземных вод.

В районах, где землетрясения не превышают 5 баллов, строительство обычно ведется без учета сейсмичности. При 6 баллах строительство ведут с учетом промышленных требований к качеству строительных материалов и работ.

На территориях, где сейсмичность превышает 7 баллов, проектирование и строительство осуществляют в соответствии со специальными строительными нормами. В этих районах здания и сооружения желательно размещать на равнинных участках, где основаниями могут быть массивные скальные породы или мощные толщи осадочных пород с глубоким залеганием подземных вод.

ЛЕКЦИЯ № 6

«Генетическое грунтоведение»

План лекции

1. Понятие о грунтах. Классификация грунтов по строительным признакам.
2. Классификация скальных грунтов.
3. Классификация нескальных грунтов.
4. Общая характеристика скальных и полускальных грунтов.
5. Гранулометрический состав, плотность, плотность частиц и пористость нескальных грунтов.
6. Виды воды в грунтах.
7. Естественная влажность грунтов, степень влажности.
8. Общая характеристика групп нескальных грунтов – крупнообломочные, песчаные, глинистые.
9. Пластичность, число пластичности и консистенция глинистых грунтов.
10. Набухание и усадка глинистых грунтов.
11. Водостойкость, липкость и тиксотропность глинистых грунтов.
12. Сжимаемость и сопротивление грунтов сдвигу.
13. Искусственные грунты.

1.

Грунты (согласно СТБ 943-93) – это горные породы и почвы, которые залегают в верхней части земной коры, находятся в сфере воздействия производственной деятельности человека и могут быть использованы в качестве оснований, среды и материалов для различных зданий и сооружений.

Изучением грунтов занимается наука, называемая грунтоведением. В настоящее время под **грунтоведением** понимают науку о физико-механических и физико-химических свойствах грунтов, условиях их образования и об изменениях в геологических процессах в результате строительства.

При изучении грунтов в инженерно-строительных целях на первый план выступает их сопротивление действующим механическим усилиям. Сопротивление внешней нагрузке в значительной мере зависит от характера и прочности связей между частицами грунтов.

Выделяют четыре основных вида связей: 1) жесткие прочные, не изменяющиеся при увлажнении грунтов; 2) жесткие прочные, ослабляющиеся при увлажнении грунтов; 3) подвижные водноколлоидные, резко изменяющие свою прочность под влиянием увлажнения или осушения грунтов; 4) отсутствие связей.

В соответствии с этим все грунты делят на два принципиально различных класса: скальные и нескальные. Нескальные грунты подразделяют на крупнообломочные, песчаные и глинистые. К этой классификации в качестве самостоятельной группы среди нескальных грунтов добавлены искусственные грунты.

2.

Скальные грунты подразделяют на разновидности по строительным свойствам:

- по временному сопротивлению одноосному сжатию в водонасыщенном состоянии (R_c , МПа):

1) очень прочные; 2) прочные; 3) средней прочности; 4) малопрочные; 5) полускальные;

- по коэффициенту размягчаемости в воде ($K_{pз}$): 1) неразмягчаемые; 2) размягчаемые;

- по степени выветрелости ($K_{вс}$): 1) неветрелые; 2) слабо выветрелые; 3) выветрелые; 4) сильно выветрелые (рухляки).

Для грунтов, способных растворяться в воде, также устанавливается степень растворимости.

3.

Нескальные грунты разделяют на крупнообломочные, песчаные и глинистые.

Крупнообломочные и песчаные грунты подразделяют на основе крупности их зернового состава. Результаты деления отражены в таблице 6.1.

Крупнообломочные грунты по значению степени выветрелости подразделяют на: 1) выветрелые; 2) слабоветрелые; 3) сильноветрелые. Песчаные грунты по плотности сложения в зависимости от величины коэффициента пористости подразделяют: 1) плотные; 2) средней плотности; 3) рыхлые.

Таблица 6.1 – Подразделение крупнообломочных и песчаных грунтов по зерновому составу

Крупнообломочные грунты	Песчаные грунты	
1. Валунные	1. Гравелистые	4. Мелкие
2. Галечниковые	2. Крупные	5. Пылеватые
3. Гравийные	3. Средней крупности	

Глинистые грунты делят на виды по:

- числу пластичности (I_p , %) на: 1) супеси; 2) суглинки; 3) глины;
- показателю текучести (консистенции) (I_L) на: супеси – 1) твердые; 2) пластичные; 3) текучие; суглинки и глины – 1) твердые; 2) полутвердые; 3) тугопластичные; 4) мягкопластичные; 5) текучепластичные; 6) текучие;
- удельному сопротивлению пенетрации (P , МПа) на: 1) очень прочные; 2) прочные; 3) средней прочности; 4) слабые.

Среди глинистых грунтов в особые группы в связи со специфическими свойствами выделяют илы, просадочные лессовые грунты и набухающие грунты. Также в самостоятельные группы выделены засоленные, мерзлые и заторфованные грунты.

4.

К скальным породам относят магматические, метаморфические и осадочные породы в кристаллическом состоянии. Скальные грунты характеризуются несжимаемостью, водоустойчивостью, водонепроницаемостью и формой залегания в виде сплошного массива. Высокие прочностные свойства скальных грунтов объясняются наличием в их структурах кристаллических связей.

К скальным грунтам относят полускальные грунты. Полускальные грунты – это сильно трещиноватые и выветрелые магматические породы, вулканические туфы и ряд осадочных пород (известняки-ракушечники, мел, опоки и т.д.). Эти породы по прочности устойчивы, но менее прочны, чем скальные, более пористы и влагоемки, водопроницаемы по трещинам.

Полускальные грунты при обычных величинах давлений обладают способностью пластически консолидироваться. Так, в ряде случаев грунт под зданиями и сооружениями может уплотняться (мергели, кремнистые сланцы и др.). Не менее важной характеристикой полускальных грунтов является их отношение к воде. Некоторые полускальные грунты (гипс, галит и др.) растворяются в воде. Другие в воде только размягчаются. Особенно сильно размягчаются грунты, содержащие много глинистых минералов. После размягчения несущая способность грунтов уменьшается.

Для скальных и полускальных грунтов важной особенностью является трещиноватость. *Прочность отдельных образцов скальных и полускальных грунтов может дать ошибочное представление о прочности всего массива. Так, образцы грунтов могут обладать большой прочностью, а грунты в массиве, будучи рассечены многочисленными трещинами, могут быть неустойчивым основанием сооружений.*

5.

Гранулометрический состав. Нескальный грунт состоит из массы обломков различного размера. Обломки (частицы), близкие по размеру и свойствам, объединены в группы, называемые *гранулометрическими фракциями*. Каждая фракция имеет свои размеры частиц и свое наименование (табл. 6.2).

Гранулометрический состав – это относительное содержание частиц (фракций) различной крупности, выраженное в процентах от общей массы грунта. Данные по гранулометрическому составу грунтов необходимы для оценки их литологического состава и физико-механических свойств. Гранулометрический состав песчаных грунтов можно определить многими методами: ситовым, пипеточным, полевым методом Рутковского, методом Сабанина и др. Гранулометрический состав связных грунтов определяют с помощью специальных приборов методами отмучивания, отбора проб суспензий пипеткой и ареометрическим методом.

Плотность. **Плотностью** грунта (ρ) называют отношение массы образца грунта к его объему. Плотность грунта зависит от минералогического состава, пористости, влажности грунта. Максимального значения плотность при данной пористости достигает при полном заполнении пор водой. Изменяется для большинства грунтов в пределах от 1,4 г/см³ до 2,2 г/см³ и находится по формуле:

$$\rho = \frac{m}{V}, \quad (6.1)$$

где m – масса грунта, г; V – объем породы, см³.

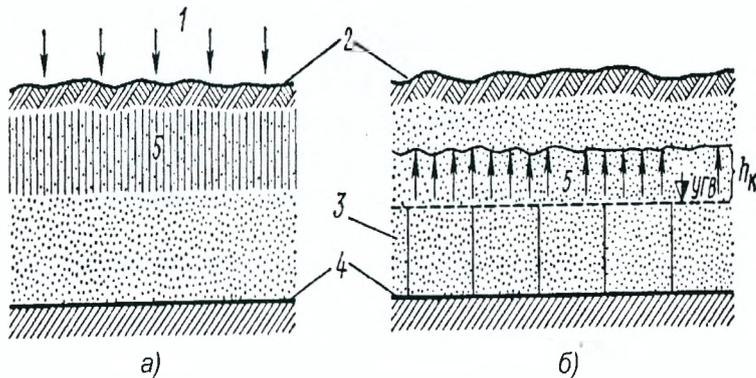
Физически связанная вода располагается на поверхности зерен пород. К ней относятся гигроскопическая (прочносвязанная) и пленочная (рыхлосвязанная) вода. Гигроскопическая вода располагается на поверхности, прочно связана молекулярными силами, вязкая, упругая, замерзает при температуре от 0 до -78 °С, с пониженной растворяющей способностью. Пленочная вода также удерживается молекулярными силами, обволакивая минеральные частицы пленками в 1-2 молекулы. Пленочная вода замерзает при температуре -3 -4 °С и способна проникать между любыми частицами и расклинивать их. Наличие пленочной воды обуславливает такие свойства грунтов, как пластичность, усадка, просадка и набухание.

Твердая вода (лед) присутствует в виде прослоек, линз и кристаллов, располагающихся между минеральными частицами или их агрегатами. *Лед цементирует грунты, повышает их прочность. При оттаивании грунты снижают свою прочность.*

Капиллярная вода. Поры грунтов, соединяясь друг с другом, уподобляются капиллярным трубкам. Вода в этих трубках передвигается под влиянием подъемной силы, определяемой поверхностным натяжением. Капиллярная вода не подчиняется закону силы тяжести и может подниматься снизу вверх. Высота капиллярного поднятия зависит от диаметра пор грунта. Капиллярная вода передвигается под действием разности температур. Она способна растворять минералы, и именно она обуславливает засоление почв, снижение несущей способности грунтов, появление сырости в подвалах и т.д. В грунтовых толщах наблюдается два вида капиллярной воды: капиллярно-поднятая и капиллярно-подвешенная (рисунок 6.1).

Капиллярно-поднятая расположена выше уровня грунтовых вод и образует зону капиллярного водонасыщения. Капиллярно-подвешенная вода не имеет связи с грунтовой водой и образована вследствие просачивания атмосферных осадков с поверхности земли. При решении вопросов борьбы с капиллярными водами необходимо учитывать максимальную высоту и скорость капиллярного поднятия.

Парообразная вода находится в воздухе, который заполняет поры грунта. Количество парообразной воды не превышает 0,001% массы грунта. Пар под действием градиентов температуры и давления активно перемещается в порах. Это обуславливает формирование в отдельные сезоны года жидкой воды либо прослоек и линз льда.



а) капиллярно-подвешенная;
б) капиллярно-поднятая; 1 – атмосферные осадки; 2 – поверхность Земли; 3 – водоносный горизонт; 4 – водоупорные слои; 5 – капиллярная вода; УГВ – уровень грунтовой воды; h_k – капиллярная зона или высота поднятия капиллярной воды

Рисунок 6.1 – Капиллярная вода в грунтовых толщах

Гравитационная вода заполняет поры и крупные пустоты грунтов. Передвигается под влиянием силы тяжести сверху вниз – просачивающаяся вода, и в различных направлениях под влиянием разности напоров – потоки подземных вод. Эта вода порождает гидродинамическое давление, используется для целей водоснабжения и т.д. Гравитационная вода обладает всеми признаками, свойственными воде на поверхности Земли.

7.

Естественная влажность (W) – выраженное в долях единицы отношение массы воды, содержащейся в порах породы, к массе минерального скелета породы:

$$W = \frac{m_B}{m_C}, \quad (6.7)$$

где W – естественная влажность; m_B – масса воды, г; m_C – масса минерального скелета, г.

Влажность грунтов ниже уровня грунтовых вод практически не изменяется. Выше этого уровня, особенно в зоне аэрации, влажность непрерывно изменяется. Наблюдаются суточные, сезонные и годовые колебания естественной влажности.

Естественная влажность грунтов оказывает существенное влияние на свойства грунтов, особенно на их прочностные характеристики. Наибольшее влияние влажность оказывает на глинистые грунты.

Тесную связь с влажностью имеет такая характеристика, как степень влажности (S_r):

$$S_r = \frac{W \cdot \rho_s}{e \cdot \rho_w}, \quad (6.8)$$

где ρ_w – плотность воды, т/м³; ρ_s – плотность частиц грунта, т/м³; e – коэффициент пористости, доли единицы.

Степень влажности показывает долю заполнения пор водой. По степени влажности грунты классифицируют на: 1) маловлажные ($S_r < 0,5$); 2) влажные ($S_r = 0,5 - 0,8$); 3) насыщенные водой ($S_r > 0,8$). Для сухих рыхлых грунтов (пески) $S_r = 0$, а сухих связных грунтов (глин) $S_r = 0,3 - 0,4$, т.к. вода в глинах может находиться в закрытых порах.

8.

Крупнообломочные грунты. К этой группе грунтов относят отложения обломков (щебень, галечник, гравий и др.), между которыми отсутствуют структурные связи. Прочность грунтов зависит от петрографического и минерального состава обломков и степени выветрелости. Прочность массива крупнообломочных грунтов связана с плотностью укладки их обломков. Она может быть рыхлая и плотная. *Наибольшую прочность имеют грунты, у которых промежутки между обломками заполнены более мелкими обломками.*

Под нагрузкой крупнообломочные грунты практически не уплотняются и относятся к надежным основаниям. Для них характерна большая водопроницаемость. Это обуславливает их слабую сопротивляемость сейсмическим воздействиям, особенно когда они находятся в водонасыщенном состоянии.

Песчаные грунты. В состав песчаных грунтов входят различные по крупности пески, лишенные структурных связей, находящиеся в сыпучем или текучем состоянии. При их увлажнении они приобретают некоторую связность. Свободная поверхность сухих песков (откос) имеет некоторый уклон, называемый **углом естественного откоса**. Под водой угол естественного откоса значительно меньше, чем у сухого песка.

Пески обладают водопроницаемостью, капиллярно поднимают воду на высоту 0,9–1,0 м при мелкозернистых песках, на 0,4–0,5 м – среднезернистых и на 0,1–0,2 м – при крупнозернистых песках. Под давлением пески незначительно и быстро уплотняются. Интенсивность их уплотнения не зависит от влажности. По степени влажности пески подразделяют на маловлажные, влажные и насыщенные водой. Наиболее прочными являются песчаные грунты, в которых преобладают прочные и стойкие к воде минералы. Пески относятся к устойчивым и надежным основаниям для различных инженерных сооружений.

При проектировании инженерных сооружений определяют показатель максимальной неоднородности (U_{max}):

$$U_{max} = d_{95} \cdot \frac{d_{95}}{d_5}, \quad (6.9)$$

где d_{95} , d_{50} , d_5 – диаметры частиц, мм, процентное содержание которых в грунте соответственно менее 95%, 50 и 5 %.

В соответствии с СТБ 943-93 песчаные грунты классифицируются на: 1) однородные ($U_{max} < 4$); 2) среднеоднородные ($4 \leq U_{max} \leq 20$); 3) неоднородные ($20 \leq U_{max} \leq 40$); 4) повышенной неоднородности ($U_{max} > 40$).

Глинистые грунты. Составными частями являются глинистые и пылеватые частицы. Между частицами существует особая связь, осуществляемая через пленки воды. Свойства глинистых грунтов зависят от влажности. К примеру, если содержится только гигроскопическая вода, то грунт имеет свойства твердого тела; при наличии пленочной воды грунт становится пластичным, а в присутствии свободной воды переходит в текучее состояние.

Глинистые грунты служат наиболее распространенным основанием для строительства зданий и сооружений. Их особенностью является относительная сжимаемость и изменение свойств во времени. Построенные на глинистых грунтах здания и сооружения претерпевают осадку, которая может продолжаться годы и десятки лет. Это обусловлено их чувствительностью к изменению влажности.

9.

Грунты, содержащие достаточное количество глинистых частиц, обладают свойством пластичности. **Пластичность** – способность глинистого грунта под действием внешнего давления изменять свою внешнюю форму без разрыва сплошности (без образования трещин) и сохранять приданную ему форму после прекращения давления. Пластичные свойства обуславливаются наличием пленочной воды на частицах глинистых грунтов.

Величина влажности грунта, при которой он теряет свойства пластичности и переходит в текучее состояние, близкое к состоянию вязкой жидкости, называется **границей текучести** грунта (W_L). Величина влажности грунта, при которой он теряет свойства пластичности и переходит в твердое состояние, близкое к состоянию твердых тел, называется **границей пластичности** или **границей раскатывания** (W_P). Разность между влажностями на границах текучести и раскатывания называется **числом пластичности** (J_P):

$$J_P = W_L - W_P \quad (6.10)$$

Показатели пластичности необходимы для определения литологического типа грунта (табл. 6.3).

Таблица 6.3 – Классификация глинистых грунтов по числу пластичности

Пластичность грунтов	Число пластичности, %	Литологический тип грунтов
Высокопластичные	$J_P > 17$	Глины
Пластичные	$7 \leq J_P \leq 17$	Суглинки
Слабoplastичные	$1 \leq J_P \leq 7$	Супеси

Консистенция глинистых грунтов. Консистенция – степень подвижности частиц глинистого грунта, обусловленная различным содержанием в нем воды. Кроме трех основных форм консистенции (твердой, пластичной и текучей), выделяют промежуточные: полутвердую, тугопластичную, мягкопластичную и текучепластичную. Важнейшей характеристикой консистенции грунта является показатель текучести (J_L), представляющий числовую характеристику его состояния:

$$J_L = \frac{W - W_P}{W_L - W_P} \quad (6.11)$$

где W – естественная влажность, %.

Значения показателя текучести представлены в таблице 6.4.

Таблица 6.4 – Значения показателя текучести в зависимости от разновидности глинистого грунта

Грунты	Показатель текучести, (J_L)	Грунты	Показатель текучести, (J_L)
Супеси		Суглинки и глины	
Твердые	$J_L < 0$	Твердые	$J_L < 0$
Пластичные	$0 < J_L \leq 1$	Полутвердые	$0 < J_L \leq 0,25$
Текучие	$J_L > 1$	Тугопластичные	$0,25 < J_L \leq 0,50$
		Мягкопластичные	$0,50 < J_L \leq 0,75$
		Текучепластичные	$0,75 < J_L \leq 1$
		Текучие	$1 < J_L$

10.

К важным характеристикам глинистых грунтов относятся набухание и усадка.

Набухание – способность глинистых пород при насыщении водой увеличивать свой объем. Возрастание объема породы сопровождается развитием в ней давления набухания. Набухание зависит от содержания в породе глинистых и пылеватых частиц и их минералогического состава, а также от химического состава взаимодействующей с породой воды.

Набухание характеризуется величиной относительного набухания (ϵ_{sw}), определяемого по формуле:

$$\epsilon_{sw} = \frac{h_{0,sw} - h_0}{h_0} \quad (6.12)$$

где $h_{0,sw}$ – высота образца грунта после свободного набухания в условиях невозможности бокового расширения при полном водонасыщении, см; h_0 – первоначальная высота образца при природной влажности, см.

В зависимости от величины ε_{sw} грунты подразделяют на слабонабухающие ($0,4 \leq \varepsilon_{sw} \leq 0,8$), средненабухающие ($0,8 < \varepsilon_{sw} \leq 0,12$) и сильнонабухающие ($\varepsilon_{sw} > 0,12$).

Способность пород к набуханию характеризуется:

- степенью деформации набухания (R_H), %, определяемой по изменению объема или высоты образца;

- давлением набухания (p_H), МПа, которое развивается при невозможности объемных деформаций в процессе набухания породы;

- влажностью набухания (W_H), соответствующей такому состоянию грунта, при котором прекращается процесс поглощения жидкости грунтом.

Набухание необходимо учитывать при выполнении строительных работ. *Явление набухания грунтов наблюдается в котлованах, траншеях и других выемках, а также при строительстве плотин, дамб, транспортных насыпей и водохранилищ, когда изменяются гидрогеологические условия сооружений и увеличивается влажность пород, за счет вновь поступающей воды.*

Усадка – уменьшение объема породы под влиянием высыхания, зависящее от естественной влажности грунта. Это процесс, обратный набуханию. В природных условиях набухание и усадка соединяются в единый процесс попеременного увеличения и уменьшения объема грунта. В процессе усадки в грунте образуются трещины, грунт переходит в переуплотненное состояние. Усадка грунтов характеризуется величиной относительной усадки при высыхании (δ_y):

$$\delta_y = \frac{h_0 - h_1}{h_1}, \quad (6.13)$$

где h_0 – высота слоя грунта до набухания, см; h_1 – высота слоя грунта после набухания, см.

Набухание и усадка глинистых грунтов могут вызвать значительные неравномерные осадки или подъем оснований зданий и сооружений (плотин, трубопроводов, полотна дорог и т.д.) и их деформации.

11.

Водостойкость. Водостойкостью (водопрочностью) называют способность глинистых грунтов сохранять механическую прочность и устойчивость при взаимодействии с водой. Водостойкость характеризуется размокаемостью и размываемостью. Размокаемость – способность грунтов, погруженных в воду, сохранять свою целостность в течение длительного времени.

Размокаемость характеризуется временем распада образца стандартных формы и объема, а также величиной агрегатов (комочки, порошок), на которые распадаются образцы, помещенные в воду. *Размокаемость определяют с помощью особых приборов (ГР и др.). По результатам испытаний составляют ориентировочное суждение о возможном поведении грунта в откосах выемки или насыпи и в основании сооружений, подтопляемых водой.* По показателю размокаемости грунты делят на неводостойкие, слабоводостойкие и относительно водостойкие. Самые неводостойкие грунты – лессовидные суглинки, а водостойкие – морские глины. *Наибольшая водостойкость характерна для грунтов, содержащих более 60% глинистых частиц. При размокании грунты теряют свою устойчивость и прочностные качества.*

Размываемость – способность глинистого грунта отдавать свои частицы или агрегаты движущейся по грунту воде. Определение размываемости грунтов проводят в специальных гидравлических лотках, путем натурных наблюдений на существующих водохранилищах, проведением специальных полевых экспериментальных исследований, а также расчетным путем.

Липкость. Липкость – способность глинистых грунтов при определенном содержании воды прилипать к различным предметам. Количественно липкость оценивается величиной усилия (в МПа), которое надо приложить, чтобы оторвать предмет от грунта. Наиболее часто величина липкости составляет $5 \cdot 10^{-3}$ - $2 \cdot 10^{-2}$ МПа. Величина липкости снижается при подсушке грунта или введении в него песка.

Тиксотропность. Тиксотропность – способность глинистого грунта выделять из себя воду при передаче на него динамического воздействия и впитывать эту воду при снятии данного воздействия. Это свойство зависит от химико-минералогического и гранулометрического составов грунта, а также от его влажности и соотношения связанной (пленочной) и свободной воды.

12.

Из механических свойств грунтов наибольшее значение имеют показатели сжимаемости и сопротивление сдвигу. Эти показатели зависят от влажности, пористости и характера связей между частица-

ми грунта. Например, с повышением влажности и пористости увеличивается сжимаемость, и снижаются показатели сопротивляемости сдвигу.

Сжимаемость – уменьшение объема грунта за счет сокращения общей величины пористости грунта. Глинистые грунты обладают большой сжимаемостью. При сжатии уменьшение объема происходит вначале за счет вытеснения воздуха, а после и воды из пор грунта. После этого нагрузка постепенно передается на минеральные частицы грунта.

Степень сжатия характеризуется степенью изменения пористости. Кривая, выражающая зависимость между давлением на грунт и коэффициентом пористости, называется компрессионной кривой (рисунок 6.2).

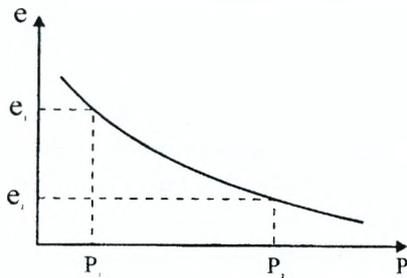


Рисунок 6.2 – График компрессионной кривой

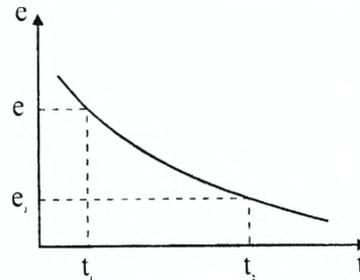


Рисунок 6.3 – График консолидационной кривой

Уменьшение объема глинистых грунтов под нагрузкой происходит медленно. При этом пористость может уменьшаться во времени при одном и том же давлении. Кривая, показывающая уменьшение коэффициента пористости во времени при изменяющемся давлении, называется кривой консолидации (рисунок 6.3).

В качестве характеристики сжимаемости используется модуль осадки:

$$e_p = \frac{S_t}{h}, \quad (6.14)$$

где S_t – полная осадка, мм; h – начальная высота сжимаемой толщи, м.

Расчетными характеристиками являются – коэффициент сжимаемости грунта (m) и коэффициент относительной сжимаемости (m_v), которые соответственно равны:

$$m = \frac{e_1 - e_2}{p_2 - p_1}; \quad m_v = \frac{m}{1 + e_0}, \quad (6.15 - 6.16)$$

где e_0 – начальный коэффициент пористости грунта.

По величине сжимаемости грунты делятся на сильносжимаемые, среднесжимаемые и слабосжимаемые.

Основными показателями сопротивления сдвигу являются угол внутреннего трения

(φ) и удельное сцепление (C). Эти характеристики относятся к прочностным. Они являются переменными и зависят от давления и условий сжатия грунта. Их используют при оценке устойчивости откосов, карьеров, оползневых склонов и т.д.

Сцепление и угол внутреннего трения зависят от консистенции и коэффициента пористости глинистых грунтов. Чем выше коэффициент пористости, тем меньше значения удельного сцепления.

На рисунке 6.4 приведен общий вид графика предельных сопротивлений сдвигу. Эти графики описываются уравнениями, выражающими закон Кулона для сыпучих и связных грунтов:

$$\tau_{mv} = \sigma \cdot \operatorname{tg}(\varphi) \quad \text{и} \quad \tau_{mv} = \sigma \cdot \operatorname{tg}(\varphi) + C. \quad (6.17)$$

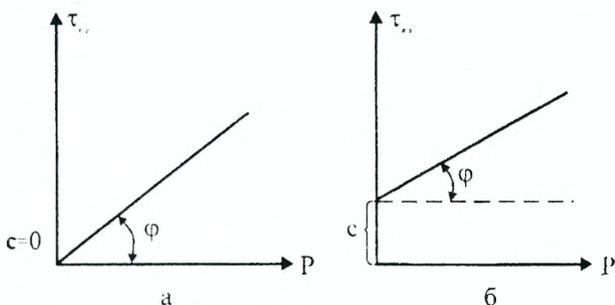


Рисунок 6.4 – Графики предельных сопротивлений песчаных (а) и глинистых (б) грунтов

Искусственные грунты – горные породы и почвы, которые подверглись переработке в результате производственно-хозяйственной деятельности человека или целенаправленно переделаны человеком при решении различных инженерных задач. Искусственные грунты используют в качестве оснований зданий и сооружений, а также материала для строительства различных инженерных сооружений (земляные плотины, железнодорожные насыпи и др.).

Искусственные грунты делятся на две группы по преобладающим в них структурным связям: искусственные грунты с прочными кристаллизационными связями (скальные) и со слабыми кристаллизационными связями (дисперсные) грунты.

Существует классификация искусственных грунтов по условиям образования. Типы искусственных грунтов и способы их образования приведены в таблице 6.5.

Намытые грунты. Намыв грунтов производится средствами гидромеханизации с помощью трубопроводов. Можно производить организованные и неорганизованные намывы. При организационных намывах создаются грунты с заранее заданными свойствами. При неорганизованном намыве решается задача перемещения грунта для освобождения рабочих площадей.

Отсыпанные грунты. Подразделяют на планомерно и непланомерно отсыпанные. Планомерно возведенные насыпи отсыпаются из природных грунтов разного состава в целях планировки территории или для создания различных земляных сооружений (насыпи железных и автомобильных дорог, дамбы). Как итог – создаются грунты с заранее заданными свойствами и составом. Их укладывают с учетом последующего использования в качестве сооружения. Образование непланомерно отсыпанных насыпей обычно бывает связано с необходимостью удаления больших масс грунтов (срезка при планировке местности, выемка грунта из котлованов), промышленных отходов (шлаки, золы) и бытовых сбросов в отвал. Для непланомерно отсыпанных грунтов характерны изменчивость состава и плотности, недоуплотненность, водонасыщенность, способность к большой сжимаемости.

Таблица 6.5 – Классификация искусственных грунтов

Типы искусственных грунтов	Способы образования
I. Намытые	Организованный намыв Неорганизованный намыв
II. Отсыпанные	Планомерная отсыпка Непланомерная отсыпка
III. Измененные на месте	Разрыхленные, обводненные
IV. Грунты культурных слоев	Стихийно образованные
V. Улучшенные грунты	Методы технической мелиорации

Грунты, измененные на месте. Это явление происходит вследствие замачивания грунтов, нарушения их термического режима в зоне многолетней мерзлоты, массовых взрывов и т.д. Грунты как скальные, так и нескальные утрачивают свои природные свойства, разрыхляются, становятся бесструктурными, малопрочными.

Грунты культурных слоев. Являются результатом стихийного накопления на городских территориях отходов, возникающих в результате производства земляных работ, неоднократных процессов благоустройства дворов и улиц, накопления строительного мусора при строительстве новых и сносе старых зданий и т.д. Характерными особенностями культурных слоев являются невыдержанная мощность, исключительная разнородность по составу, недоуплотненность, насыщенность водой, содержание продолжающих разлагаться органических остатков.

Улучшенные грунты. Это грунты с улучшенными свойствами в соответствии с требованием вида строительства. Решением улучшения свойств грунтов занимается отрасль инженерной геологии – техническая мелиорация грунтов. Для улучшения свойств используют два пути – закрепление и уплотнение.

ЛЕКЦИЯ № 7

«Основные сведения из геоморфологии»

План лекции

1. Понятие о геоморфологии. Формы рельефа.
2. Типы рельефа.
3. Роль геоморфологических исследований по строительным признакам.

1.

Земная поверхность представляет собой сложный рельеф в виде совокупности возвышений, равнин и углублений. Наука, которая занимается изучением рельефа, его происхождением и развитием, называется **геоморфологией**.

Вследствие постоянного воздействия экзогенных и эндогенных процессов на поверхность Земли происходит уничтожение старых форм рельефа и образование новых. Большая роль при этом в настоящее время отведена инженерно-строительной деятельности человека.

Рельеф является одним из основных факторов на Земле в перераспределении влаги и тепла, передвижении и циркуляции воздушных масс, переформировании верхних геологических слоев и формировании режима поверхностных и грунтовых вод.

Формы рельефа. Формы рельефа образуются из различных сочетаний элементов рельефа (поверхностей, точек, линий). Различают две группы: положительные (выпуклые по отношению к плоскости горизонта, и отрицательные (вогнутые).

По своему происхождению формы рельефа подразделяют на тектонические, эрозионные и аккумулятивные.

Тектонические формы рельефа возникают в процессе движения земной коры. Это крупные формы, образующие основной рельеф Земли (горные хребты, равнины, океанические понижения и т.д.).

Эрозионные формы связаны с разрушительной работой текучих вод (атмосферных, речных, подземных). К ним относятся ущелья, речные долины, балки, овраги, промоины и т.д.

Аккумулятивные формы рельефа (речные террасы, дюны, барханы и т.д.) являются следствием накопления продуктов процесса разрушения горных пород водой и ветром.

Также по своему происхождению формы рельефа подразделяют в зависимости от преобладающего фактора – силы, вызвавшей образование данной формы. Прежде всего их подразделяют на две большие группы:

- формы рельефа, обусловленные деятельностью внутренних (эндогенных) сил;
- формы рельефа, обусловленные деятельностью внешних сил (экзогенных).

Первые подразделяют на обусловленные движениями земной коры (горообразующими, колебательными) и обусловленные магматическими (вулканическими) процессами. Вторые – на формы, обусловленные процессами выветривания: деятельностью текучих вод, подземных вод, морей, снега, льда и ветра; развитием вечной мерзлоты; деятельностью живых организмов; деятельностью человека.

По своей величине формы рельефа делят на семь основных групп: мельчайшие, очень мелкие, мелкие, средние, крупные, крупнейшие и величайшие.

Мельчайшие формы рельефа размером до нескольких сантиметров по высоте и имеющие площадь в несколько квадратных сантиметров обычно не имеют существенного значения для строительства (песчаная рябь, борозды на полях).

Очень мелкие формы рельефа, высота которых измеряется несколькими дециметрами, редко 1-2 м, наносятся на карты крупного масштаба условными знаками (кочки, рывины, мелкие промоины).

Мелкие формы рельефа, которые называют обычно микрорельефом, занимают сравнительно небольшие участки в несколько квадратных метров, реже в несколько десятков и иногда сотен квадратных метров, высота их не более нескольких метров.

Средние формы рельефа, или мезорельеф, характеризуются значительным протяжением – до нескольких десятков километров, и измеряются сотнями, тысячами, реже сотнями тысяч квад-

ратных метров в плане, при глубине расчленения до 200 м (холмы, бугры, курганы, гребни, террасы в долинах рек и озер, ложбины, балки).

Крупные формы рельефа, или макрорельеф, характеризуются десятками, сотнями и реже тысячами квадратных километров в плане и расчленением по глубине до 200 и даже 2000 м.

Крупнейшие формы рельефа, или мегарельеф, занимают площади в десятки и сотни тысяч квадратных километров, причем разница в отметках между положительными и отрицательными формами может достигать 500–4000 м.

Величайшие (планетарные) формы рельефа измеряются миллионами квадратных километров, разница в отметках уровней отрицательного и положительного достигает 2500–6500 м, а максимальная – 20000 м (материки, океанические впадины).

2.

Для земной поверхности характерны определенные сочетания форм рельефа, закономерно повторяющиеся на определенных пространствах поверхности Земли, имеющих сходное происхождение и геологическое строение, однотипную историю развития. Такие сочетания форм рельефа называют типами рельефа. Выделяют три типа рельефа: равнинный, холмистый, горный.

Равнинный рельеф – обширные участки суши с ровной или слабоволнистой поверхностью.

Равнины, в зависимости от положения над уровнем моря, бывают отрицательные – расположенные ниже уровня моря, низменные – высота которых не превышает 200 м над уровнем моря, возвышенные – с высотой отметок от 200 до 500 м, нагорные – расположенные выше 500 м над уровнем моря.

По форме поверхности равнины бывают горизонтальные, наклонные, вогнутые и выпуклые. По глубине и степени расчленения рельефа выделяют три вида равнин: слаборасчлененные (колебание высот до 10 м на протяжении 2 км), мелкорасчлененные (колебания высот от 5 до 25 м на протяжении 2 км) и груборасчлененные (колебание высот от 20 до 200 м на протяжении 2 км).

По происхождению выделяют структурные, аккумулятивные и скульптурные. Структурные равнины обусловлены спокойно залегающими слоями осадочных и телами магматических пород или представляют собой недавно вышедшие на дневную поверхность участки морского дна с горизонтально залегающими слоями. Аккумулятивные равнины образуются в результате накопления осадочного материала в море или на суше. Выделяют аккумулятивные равнины: аллювиальные, предгорные наклонные, ледниковые моренные, золовые, органогенные. Скульптурные равнины возникают в результате разрушения побережий морскими волнами и выходом на поверхность земли коренных горных пород.

Холмистый рельеф – поверхность земли, состоящая из сочетания часто чередующихся возвышенностей (холмы с относительными высотами не более 200 м) и пониженных участков (ложбин и котловин).

Горный рельеф – чередование крупных возвышенностей (горы, хребты) и понижений (долины, впадины, котловины). По происхождению горный рельеф подразделяется на тектонический, вулканический и эрозионный.

3.

Для решения задач строительства в период полевых инженерно-геологических изысканий необходимо проводить геоморфологические исследования. В настоящее время для проектирования недостаточно для обоснования выбора места строительства зданий и сооружений изучать только геологию местности и решать вопросы механики грунтов. Также необходимо оценивать рельефообразующие процессы и формы рельефа в динамике их развития. Это позволяет производить выбор оптимального варианта размещения сооружений на местности, обеспечивает их эффективную эксплуатацию и защиту от разрушительных природных процессов.

По своей природе рельеф динамичен, однако в определенный отрезок времени он может быть стабильным или находиться в состоянии динамического равновесия. Такое равновесие является временным и может быстро изменяться под влиянием как природных факторов, так и инженерно-строительной деятельности человека. В связи с этим, основной задачей является выявление степени устойчивости рельефа и прогнозирование изменений его форм в результате строительства.

Большое влияние имеет рельеф на формирование подземных вод. Так, расчлененный рельеф (ущелья, овраги, речные долины) вскрывает горизонты подземных вод, обуславливает их выход на поверхность в виде источников.

ЛЕКЦИЯ № 8

«Гидросфера и гидрогеологические свойства горных пород»

План лекции

1. Гидрогеология. Общие сведения о подземных водах.
2. Гидросфера, круговорот воды в природе.
3. Количественное выражение круговорота.
4. Водобмен подземных вод.
5. Инфильтрационная теория происхождения подземных вод.
6. Конденсационная теория происхождения подземных вод.
7. Седиментационные и ювенильные воды.
8. Влагоемкость горных пород.
9. Водоотдача горных пород.
10. Водопроницаемость горных пород.
11. Зона аэрации и зона насыщения.
12. Физические свойства подземных вод.
13. Химический и газовый состав подземных вод.
14. Общая минерализация воды, классификация воды по минерализации.
15. Жесткость воды, классификация вод по жесткости.
16. Оценка качества подземных вод.
17. Агрессивность подземных вод.

1.

Гидрогеология – это наука о подземных водах, их происхождении, условиях залегания, законах движения, физических и химических свойствах, связи с атмосферными и поверхностными водами.

Подземные воды – воды, находящиеся в верхней части земной коры и залегающие ниже поверхности Земли.

Подземные воды служат:

1) источником водоснабжения. В сравнении с поверхностными водами (реки, озера, водохранилища) они обладают более высоким качеством, не требуют дорогостоящей очистки, лучше защищены от поверхностных загрязнений и повсеместно распространены;

2) фактором, удорожающим строительству. Подземные воды могут ухудшать физико-механические свойства грунтов, затоплять строительные котлованы, траншеи и карьеры, оказывать агрессивное действие на подземные сооружения и коммуникации, формировать пльвинные, суффозионные и карстовые явления.

Исходя из этого следует необходимость знания каждым инженером строительного производства, особенностей формирования и деятельности подземных вод, чтобы рационально их использовать и уметь бороться с ними как в период строительства, так и в период эксплуатации.

Подземные воды Беларуси

Подземные воды распространены на территории Беларуси повсеместно. Их естественные ресурсы составляют 15,9 км³ в год (43560 тыс. м³/сут).

Величина естественных ресурсов зависит от условий формирования подземных вод, которые наиболее благоприятны в центральной, северо-восточной и западной частях страны. Эксплуатируются в основном неглубоко залегающие (50-200 м) водоносные горизонты, имеющие тесную гидравлическую связь с вышележащими горизонтами подземных вод и поверхностными водотоками.

Подземные воды характеризуются в основном благоприятными условиями формирования естественных ресурсов, обеспеченных инфильтрацией атмосферных осадков.

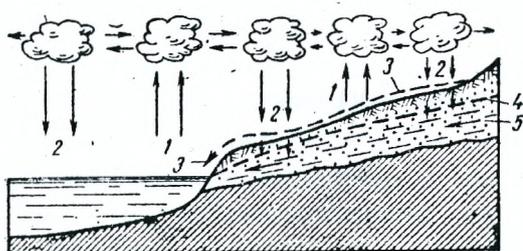
На территории республики разведано 243 месторождения и участка подземных вод, по которым утверждены запасы подземных вод в количестве 6643,72 тыс. м³/сут. На базе утвержденных запасов работает 132 групповых водозабора для водоснабжения 73 городов, промышленных центров и крупных населенных пунктов.

Суммарный водоотбор из подземных источников по этим водозаборам составляет 1857,3 тыс. м³/сут. Общий водоотбор подземных вод по республике (с учетом водоотбора из неутвержденных запасов) составляет 2992,5 тыс. м³/сут. Таким образом, степень использования разведанных эксплуатационных запасов в целом в республике не более 28%.

Значительное количество (109) разведанных месторождений подземных вод с общими эксплуатационными запасами 2067,3 тыс. м³/сут (что составляет 31% от утвержденных по республике запасов) вообще не освоено и только начинает разрабатываться.

2.

Вода на Земле находится в постоянном движении. Так вода, испаряющаяся с поверхности океанов, морей, озер, болот, рек и почвы, снова выпадает в виде жидких или твердых осадков. Из осадков, выпавших на суше, часть стекает в реки и моря, другая часть, испаряясь, вновь попадает в атмосферу, а третья – просачивается в горные породы. Подземные воды движутся в толщах горных пород, местами выходят на поверхность, частично пополняют реки, озера, болота и испаряются через почву и атмосферу. Таким образом, воды гидросферы и земной коры непрерывно совершают круговорот (рис. 8.1).



1 – испарение; 2 – выпадение осадков;
3 – поверхностный сток; 4 – уровень подземных вод;
5 – подземный сток

Рисунок 8.1 – Схема круговорота воды в природе

Различают следующие виды круговорота воды в природе:

- большой. При большом круговороте испарившаяся с поверхности Мирового океана влага переносится на сушу, где выпадает в виде осадков, которые вновь возвращаются в океан в виде поверхностного и подземного стока;

- малый. Малый круговорот характеризуется испарением влаги с поверхности океана и выпадением ее в виде осадков на ту же водную поверхность;

- внутренний (местный). В ходе внутреннего круговорота испарившаяся с поверхности суши влага вновь попадает на сушу в виде атмосферных осадков.

3.

Круговорот в природе количественно описывается уравнением водного баланса:

$$Q_{a.o.} = Q_{подз.} + Q_{пов.} + Q_{и.}, \quad (8.1)$$

где $Q_{a.o.}$ – количество атмосферных осадков; $Q_{подз.}$ – подземный сток; $Q_{пов.}$ – поверхностный сток;
 $Q_{и.}$ – испарение.

Основные расходные ($Q_{подз.}$, $Q_{пов.}$, $Q_{и.}$) и приходные ($Q_{a.o.}$) статьи водного баланса зависят от природных условий, главным образом от климата, рельефа и геологического строения изучаемого района.

Изучение водного баланса отдельных районов необходимо для целенаправленного преобразования круговорота воды, в частности для увеличения запасов пресных подземных вод, используемых для водоснабжения.

4.

В процессе круговорота воды в природе происходит постоянное возобновление природных вод, в том числе и подземных. Процесс смены первоначально накопившихся вод поступающими вновь называют **водообменом**. Подсчитано, что в круговороте воды на Земле ежегодно участвует более 500 тыс. км³ воды. Наиболее активно возобновляются речные воды.

Интенсивность водообмена подземных вод различна и зависит от их глубины залегания. По Н.К. Игнатовичу, в верхней части земной коры выделяют следующие вертикальные зоны:

1) зона интенсивного водообмена (воды преимущественно пресные). Расположена в самой верхней части земной коры до глубины 300 м, реже более. Подземные воды этой зоны дренируются река-

ми; в масштабе геологического времени это воды молодые, водообмен осуществляется за десятки и тысячи лет;

2) зона замедленного водообмена (воды солоноватые и соленые). Занимает промежуточное положение и располагается до глубины 600-2000 м. Обновление вод в процессе круговорота происходит в течение сотен тысяч лет;

3) зона весьма замедленного водообмена (воды типа рассолов). Приурочена к глубоким зонам земной коры и полностью изолирована от поверхностных вод и атмосферных осадков. Водообмен – в течение сотен миллионов лет.

Наибольшее значение для водоснабжения имеют подземные воды, циркулирующие в зоне интенсивного водообмена. Постоянно пополняясь атмосферными осадками и водами поверхностных водоемов, они отличаются значительными запасами и высоким качеством. Воды двух нижних зон, расположенных до глубины 10-15 км, практически в процессе круговорота не возобновляются, запасы их не пополняются.

5.

Существует две основные теории происхождения подземных вод: инфильтрационная и конденсационная.

Инфильтрационная теория объясняет образование подземных вод просачиванием (инфильтрацией) вглубь. Просачиваясь по крупным трещинам и порам, вода задерживается на водонепроницаемых слоях и дает начало подземным водам. Процесс инфильтрации атмосферных осадков весьма сложный.

Питание подземных вод инфильтрационным путем изменчиво во времени и определяется природными условиями района: рельефом, водопроницаемостью пород, растительным покровом, деятельностью человека и т.д.

Для определения величины инфильтрационного питания необходимо знать интенсивность инфильтрации атмосферных осадков и испарения:

$$Q_{u.n.} = Q_{инф} + Q_{и}, \quad (8.2)$$

где $Q_{u.n.}$ – величина инфильтрационного питания; $Q_{инф}$ – интенсивность инфильтрации атмосферных осадков; $Q_{и}$ – испарение.

При понижении уровня подземных вод испарение с их поверхности уменьшается, а на некоторой глубине становится равным нулю. В этих условиях величина инфильтрационного питания подземных вод возрастает.

6.

Подземные воды образуются путем просачивания (инфильтрации) воды, выпадающей в виде осадков, сквозь толщу пород. Однако было замечено, что в пустынных жарких странах, где количество выпадающих осадков ничтожно, в отдельных местах подземные воды все же существуют. Это объясняется конденсацией влаги, находящейся в воздухе. В пустынных местностях воздух при 35°C практически содержит около 20 г водяного пара, т.е. относительная влажность составляет около 40-50%; ночью температура воздуха падает нередко до 15°C. Тогда воздух оказывается перенасыщенным парами воды в количестве $20 - 12,7 = 7,3$ г. Этот избыток влаги выпадает в виде росы и просачивается на некоторую глубину.

Образование росы, т.е. воды, конденсирующейся из водяных паров воздуха, навело на мысль о том, что подземная вода может образовываться также и из «подземной росы» путем конденсации водяных паров воздуха, находящегося в порах и пустотах горных пород.

В настоящее время инфильтрационная и конденсационная теории происхождения подземных вод не противопоставляются, а взаимно дополняют друг друга.

7.

Минерализованные (соленые) воды глубоких зон земной коры, находящиеся в зоне замедленного и весьма замедленного водообмена, имеют **седиментационное** происхождение. Седиментационные воды образовались после отложения древних морских осадков и последующего отжатия из них воды вследствие уплотнения пород.

Воды земной коры постоянно в течение длительного геологического времени пополняются и **ювенильными водами**, возникшими в глубине Земли за счет кислорода и водорода, выделяемых магмой.

Прямой выход на поверхность Земли в виде паров и горячих источников ювенильные воды имеют при вулканической деятельности.

8.

Влагоемкость – это способность грунтов вмещать и удерживать в себе воду. По степени влагоемкости грунты подразделяют на: 1) сильновлагоемкие (торф, глины, суглинки); 2) слабовлагоемкие (мел, мергель, супеси); 3) невлагоемкие (скальные грунты, пески, галечники).

В зависимости от вида и количества воды в грунте различают следующие разновидности влагоемкости: 1) гигроскопическую; 2) молекулярную; 3) капиллярную; 4) полную.

Гигроскопическая влагоемкость (W_2) – способность грунта притягивать из воздуха парообразную влагу. Эта влагоемкость соответствует количеству прочно связанной воды. Зависит от ряда факторов: степени дисперсности и минералогического состава породы, относительной влажности воздуха, температуры и др. При относительной влажности, равной 100%, гигроскопическая влагоемкость данной породы достигает максимума; соответствующая влажность называется максимальной гигроскопичностью.

Максимально-молекулярная влагоемкость ($W_{м.м.в.}$) – максимальное количество связанной воды в породе, удерживаемой силами молекулярного притяжения. Зависит от удельной поверхности частиц, их минералогического состава и состава обменных катионов.

Капиллярная влагоемкость (W_k) – максимальное количество воды в капиллярных порах грунта. Зависит от состава, структуры и пористости пород. Иначе говоря, этот вид влагоемкости зависит от капиллярных свойств пород, под которыми понимается высота и скорость поднятия воды в породах.

Полная влагоемкость ($W_{п.в.}$) – максимальное количество воды, удерживаемое породой при полном насыщении ее водой. Максимальное значение полной влагоемкости соответствует величине пористости грунтов. Определяется по формуле:

$$W_{п.в.} = \frac{n}{\rho_d}, \quad (8.3)$$

где n – пористость, доли единицы; ρ_d – плотность грунта в сухом состоянии, т/м³.

9.

Водоотдача – способность водонасыщенных пород отдавать гравитационную воду в виде свободного стока. Для количественной оценки водоотдачи применяют коэффициент водоотдачи. Коэффициент водоотдачи – отношение объема вытекающей из породы воды к объему осушенной части породы:

$$\mu = \frac{V_a}{V_n}, \quad (8.4)$$

где V_a – объем вытекающей воды, м³; V_n – объем осушенной части породы, м³.

Величина коэффициента водоотдачи может быть определена по формуле:

$$\mu = n - \gamma_{ск.} \cdot W_{м.м.в.}, \quad (8.5)$$

где n – пористость; $\gamma_{ск.}$ – объемный вес скелета, Н/м³; $W_{м.м.в.}$ – максимально-молекулярная влагоемкость, доли единицы.

При осушении пород извлекается лишь незначительная часть прочно связанной воды, поэтому практически считают $\mu = n_{акт.}$, $n_{акт.}$ – активная пористость. Водоотдача песчаных грунтов может быть определена как:

$$\mu = W_{п.в.} - W_{м.м.в.}, \quad (8.6)$$

где $W_{п.в.}$ – полная влагоемкость, доли единицы.

Наибольшей водоотдачей обладают крупнообломочные породы, пески и супеси, водоотдача которых колеблется в пределах от 25 до 43 %. Эти породы под влиянием силы тяжести способны отдавать почти всю имеющуюся в их порах воду. В глинистых грунтах водоотдача близка к нулю.

Разность между полной влагоемкостью и естественной влажностью пород называют недостатком или дефицитом насыщения:

$$\mu_n = W_{п.в.} - W, \quad (8.7)$$

где W – естественная влажность, доли единицы.

Недостаток насыщения характеризует количество воды, которое единица объема породы может поглотить при повышении уровня. При подъеме уровня подземных вод часть пор в породе занята заземленным воздухом, поэтому $\mu \geq \mu_n$.

10.

Водопроницаемость – способность грунтов пропускать гравитационную воду через поры (рыхлые породы) и трещины (плотные породы).

Водопроницаемость грунтов зависит от размера сообщающихся между собой пор и трещин и от напора, под действием которого движется вода. На водопроницаемость оказывает влияние также состав грунта, особенности его сложения, свойства фильтрующей воды (вязкость).

Чем больше размер пор или чем крупнее трещины, тем выше водопроницаемость пород. Не всякая порода, которой присуща пористость, способна пропускать воду. Например, глина с пористостью 50-60% воду практически не пропускает.

Водопроницаемость пород (или их фильтрационные свойства) характеризуется коэффициентом фильтрации k_f . **Коэффициент фильтрации** (k_f) – скорость движения подземной воды при гидравлическом градиенте, равном 1 (см/с, м/ч или м/сут).

По величине коэффициента фильтрации породы подразделяют на три группы:

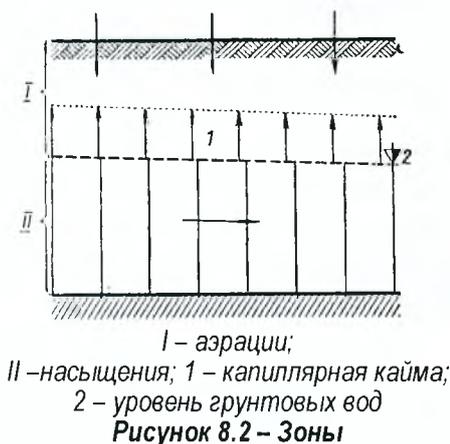
- 1) водопроницаемые – $k_f > 1$ м/сут (галечники, гравий, песок, трещиноватые породы);
- 2) полупроницаемые – $k_f = 1-0,001$ м/сут (глинистые пески, лесс, торф, пористые известняки, мергели);
- 3) непроницаемые – $k_f < 0,001$ м/сут (массивные породы, глины).

Непроницаемые породы принято называть водоупорами, а полупроницаемые и водопроницаемые – водопроницаемыми или водоносными горизонтами.

В фильтрации может принимать участие вода в связанном состоянии. Так, в глинах ее приводят в состояние движения увеличением напоров (градиента фильтрации), действием электро- и осмотических сил.

11.

Верхняя часть земной коры в зависимости от степени насыщения водой пор горных пород делится на две зоны: верхнюю – зона аэрации и нижнюю – зона насыщения (рисунок 8.2).



Зона аэрации расположена между поверхностью Земли и уровнем грунтовых вод. В этой зоне, непосредственно связанной с атмосферой и почвенным покровом, наблюдается просачивание атмосферных осадков и поверхностных вод вглубь, в сторону насыщения. Поры горных пород в зоне аэрации лишь частично заполнены водой, остальная часть их занята воздухом. Зона аэрации играет важную роль в формировании подземных вод. Мощность, т.е. толщина, зоны аэрации колеблется от нуля в заболоченных низинах до нескольких сотен метров в горных районах с сильно расчлененным рельефом.

Непосредственно над поверхностью подземных вод располагается зона повышенной влажности – капиллярная кайма. Мощность каймы зависит от состава и структуры горных пород.

Зона насыщения горных пород расположена ниже уровня грунтовых вод. В этой зоне все породы, трещины, каверны и другие пустоты заполнены гравитационной водой. Подземные воды в зоне насыщения циркулируют в виде грунтовых, артезианских, трещинных и других вод. Мощность зоны насыщения изменяется соответственно изменению уровня грунтовых вод.

12.

Природные воды обладают определенными температурой, цветом, прозрачностью, вкусом, иногда запахом. *Подземные воды обычно прозрачны, бесцветны, не имеют запаха. Вкус подземной воды зависит от вида и содержания растворенных минеральных соединений и газов.*

Температура подземной воды колеблется пределах от -5 до +100 °С в зависимости от глубины залегания водоносного слоя, особенностей геологического строения, климатических условий и т.д. Чаще всего она составляет +7-11 °С. Различают воды: 1) холодные (от 0 до +20 °С); 2) теплые, или субтермальные (от +20 до +37 °С); 3) термальные (от +37 до +100 °С); 4) перегретые (свыше +100°С). *Очень холодные подземные воды циркулируют в зоне многолетней мерзлоты, в высокогорных районах; перегретые воды характерны для районов молодой вулканической деятельности.*

Плотность воды – масса воды, находящаяся в единице ее объема. Максимальная при температуре +4°С. При повышении температуры до +250°С плотность воды уменьшается до 0,799 г/см³, а при увеличении количества растворенных в ней солей повышается до 1,400 г/см³.

Сжимаемость подземных вод характеризуется коэффициентом сжимаемости. Коэффициент сжимаемости показывает, на какую долю первоначального объема жидкости уменьшается объем при увеличении давления на 10⁵ Па. Коэффициент сжимаемости, по В.Н. Щелкачеву, составляет $2,5 \cdot 10^{-5}$ - $5 \cdot 10^{-5}$ Па.

Вязкость воды характеризует внутреннее сопротивление частиц ее движению. С повышением температуры вязкость подземных вод уменьшается.

Электропроводность подземных вод зависит от количества растворенных в них солей и выражается величинами удельных сопротивлений от 0,02 до 1,00 Ом·м.

Радиоактивность подземных вод вызвана присутствием в них радиоактивных элементов (урана, стронция, цезия, радия, радона и др.). *Даже ничтожно малые концентрации – сотые и тысячные доли (мг/л) некоторых радиоактивных элементов могут быть вредными для человека.*

13.

Подземные воды содержат некоторое количество солей, газов, а также органических соединений.

Растворенные в воде газы (O, CO₂, CH₄, H₂S и др.) придают ей определенный вкус и свойства. Количество и тип газов обуславливает степень пригодности воды для питьевых и технических целей. Газы проникают в подземные воды различными путями: при инфильтрации воды, разложении органического вещества, остывании магмы и т.д. Газы заметно влияют на органолептические показатели подземной воды. Насыщенность воды свободной углекислотой придает ей способность разрушать бетон.

Подземные воды у поверхности земли нередко бывают загрязнены органическими примесями (различные болезнетворные бактерии, органические соединения, поступающие из канализационных систем и т.д.). Такая вода имеет неприятный вкус и опасна для здоровья людей.

Условия формирования химического состава подземных вод. Химический состав подземных вод формируется под действием комплекса факторов: геологических, геоморфологических, климатических и т.д.

Решающее влияние на формирование состава подземных вод оказывает общая геологическая и гидрогеологическая обстановка, приуроченность водовмещающих пород к той или иной зоне водообмена. Установлено, что химический состав увеличивается с глубиной. Так, в зоне активного водообмена подземные воды слабо минерализованные, гидрокарбонатно-кальциевые, реже сульфатные. В зонах замедленного и весьма замедленного водообмена – сильно минерализованные застойные воды, с большим содержанием газов.

Химический состав подземных вод неглубокого залегания формируется под заметным влиянием климата. При большом количестве атмосферных осадков и незначительном испарении, в условиях хорошей промытости пород формируются преимущественно пресные гидрокарбонатно-кальциевые воды. В районах с небольшим количеством осадков, интенсивным испарением и слабой промытостью пород формируются солоноватые и соленые воды хлоридного и сульфатного составов.

Рельеф является важным фактором в формировании химического состава. Чем выше приподнята местность, тем лучше промытость пород, активнее водообмен, а следовательно, более благоприятные условия для формирования пресных вод.

К породам с высокой проницаемостью, залегающим в самых верхних частях земной коры, обычно приурочены пресные гидрокарбонатно-кальциевые воды. На участках, сложенных слабопроницаемыми породами – имеет место сульфатно- и хлоридно-натриевый состав.

На формирование химического состава подземных вод большое влияние оказывают искусственные факторы (длительная откачка подземных вод, орошение и обводнение земель, сброс сточных вод в подземные горизонты и т.д.).

14.

Общую минерализацию подземных вод составляет сумма растворенных в них веществ. Она обычно выражается в г/л или мг/л. Формирование общей минерализации подземных вод связано с двумя основными факторами: 1) условиями их происхождения; 2) взаимодействием с горными породами, по которым движется подземная вода, и условиями водообмена. В ряде случаев происходит процесс выщелачивания растворимых горных пород и соответственное обогащение подземных вод теми или иными минеральными солями. В глубинных водах в условиях затрудненного водообмена происходят наибольшая концентрация растворенных веществ и значительное увеличение общей минерализации.

К настоящему времени опубликовано много классификаций подземных вод по их минерализации и химическому составу. В классификации В.И. Вернадского, О.А. Алексина и других выделяются четыре группы подземных вод: 1) пресные – с общей минерализацией до 1 г/л; 2) солоноватые – от 1 до 10 г/л; 3) соленые – от 10 до 50 г/л; 4) рассолы – свыше 50 г/л. В классификации М.С. Гуревича и Н.И. Толстихина приводится более дробное разделение указанных групп исходя из учета потребностей и использования подземных вод для решения различных задач (таблица 8.1).

Таблица 8.1 – Классификация по общей минерализации подземных вод

Подземные воды	Общая минерализация, г/л
Пресные:	0,01 – 1,00
наиболее пресные	0,01 – 0,03
очень пресные	0,03 – 0,10
нормально пресные	0,10 – 0,50
пресноватые	0,50 – 1,00
Солоноватые:	1,00 – 10,00
слабосоленые	1,00 – 3,50
сильносоленые	3,50 – 10,00
Соленые:	10,00 – 50,00
слабосоленые	10,00 – 35,00
сильносоленые	35,00 – 50,00
Рассолы:	более 50,00
слабоконцентрированные	50,00 – 100,00
крепкие	100,00 – 270,00
очень крепкие	270,00 – 350,00
сверхкрепкие	более 350,00

15.

Присутствие ионов кальция и магния обуславливает особое качество воды – жесткость. *Жесткая вода плохо мылится, дает накипь в паровых котлах и бытовых кипятильниках. В жесткой воде плохо разваривается пища. Жесткой является морская вода из-за содержания в ней сернокислых и хлоридных солей магния.*

Общая жесткость обусловлена содержанием в воде солей $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$, $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$, CaSO_4 , MgSO_4 , CaCl_2 и MgCl_2 . Она разделяется на карбонатную, по содержанию в воде углекислой соли магния и двууглекислых солей кальция и магния, и некарбонатную, обусловленную наличием в растворе сульфатов и хлоридов этих же металлов.

Жесткость бывает постоянной и временной. Временная жесткость связана с присутствием бикарбонатов и может быть устранена кипячением. Постоянная жесткость обусловлена сернокислыми и хлористыми солями, кипячением не устраняется. Сумму временной и постоянной жесткости называют **общей жесткостью**.

В настоящее время общую жесткость принято выражать количеством миллиграмм-эквивалентов кальция и магния, 1 мг-экв. жесткости соответствует содержанию в 1 л воды 20,04 мг иона кальция или 12,6 мг иона магния. В других странах жесткость измеряют в градусах (1 мг-экв. = 28 °).

Жесткость природных вод колеблется от единицы до десятков и сотен мг-экв. на 1 дм³ воды. У грунтовых вод она изменяется по временам года и обычно повышена зимой, когда общее содержание

растворенных веществ в воде возрастает из-за уменьшения объема потока, не получающего питания от атмосферных осадков.

Классификация подземных вод по жесткости приведена в таблице 8.2.

Таблица 8.2 – Классификация подземных вод по жесткости

Группы вод	Общая жесткость, мг-экв/л
Очень мягкие	< 1,5
Мягкие	1,5 – 3,0
Умеренно жесткие	3,0 – 6,0
Жесткие	6,0 – 9,0
Очень жесткие	> 9,0

16.

Качество подземных вод, используемых для хозяйственного водоснабжения, оценивается по органолептическим показателям, химическому составу и бактериальному загрязнению.

Вода считается пригодной для использования в качестве питьевой, если она удовлетворяет следующим требованиям: 1) сухой остаток после перегонки составляет не более 1000 мг/л; 2) общая жесткость не более 7 мг-экв.; 3) постоянная жесткость не более 5 мг-экв.; 4) содержание отдельных растворенных веществ, мг/л.

Таблица 8.3 – Содержание отдельных растворенных веществ

Растворенные вещества	Содержание, мг/л
Хлориды	до 15
Органические вещества	до 10
Сульфаты	до 100
Азотная кислота	до 15
Азотистая кислота	следы
Аммиак	следы
Железо	до 1
Свинец	до 0,1
Мышьяк	до 0,05
Фтор	до 1,5
Медь	до 3
Цинк	до 5
Фенол	до 0,001

Питьевая вода должна быть прозрачна, бесцветна, не иметь запаха, быть приятной на вкус. Золотисто-желтая или бурая окраска воды свидетельствует о наличии в ней растворенных органических веществ.

Соленый вкус обуславливается значительным количеством $NaCl$, а горький – $MgSO_4$. Наличие в воде солей азотной и азотистой кислот, а также аммиака указывает на связь этой воды с участками, где происходит разложение органических веществ, и следовательно, на возможность наличия болезнетворных бактерий.

Пригодность воды для питья определяется при наличии кишечной палочки *Coli*. Сама по себе кишечная палочка безвредна, но ее наличие свидетельствует о возможном присутствии болезнетворных бактерий.

Количественные показатели определяются коли-титром (количеством кубических сантиметров воды, содержащим одну кишечную палочку) или коли-тестом (количеством кишечных палочек, содержащихся в 1 л воды).

Таблица 8.4 – Пригодность воды для питья

Степень пригодности воды	Коли-титр	Коли-тест
Безупречно здоровая	700-500	< 2
Подозрительная	300-200	3-5
Нездоровая	130-50	8-20
Совершенно непригодная	50-25	20-40

По общему содержанию растворенных солей подземные воды разделяют на: пресные (< 1 г/л); солоноватые (1-10 г/л); соленые (10-15 г/л); рассолы (> 50 г/л). Количество и состав солей устанавливается химическим анализом и выражается в виде состава катионов и анионов (мг/л или мг-экв/л).

17.

Вступая в контакт с подземными частями инженерных сооружений, горными породами, материалами трубопроводов, котлов и других емкостей вода может их разрушать, т.е. быть агрессивной. Агрессивность воды зависит от химического, газового состава воды, ее температуры и скорости движения. Различают пять видов агрессивности: 1) общекислотная; 2) выщелачивающая; 3); углекислотная 4) сульфатная; 5) магниальная.

Критерии агрессивности воды представлены в таблице 8.5.

Общекислотная агрессивность обусловлена низким значением водородного показателя pH , из-за чего усиливается растворение известняков бетона. Для песчаных пород вода агрессивна с $pH < 7,0$, а для глин $pH < 5,0$.

Выщелачивающая агрессивность возникает при малом содержании в воде HCO_3^{3-} . В этих условиях происходит растворение и вымывание из бетона содержащейся в нем известняки.

Таблица 8.5 – Виды агрессивности подземных вод по отношению к бетону

Вид агрессивности	Компоненты-носители агрессивности и их размерность	Неагрессивная вода	Агрессивная вода по отношению к цементу	
			обычному в благоприятных условиях	стойкому в благоприятных условиях
Общекислотная	pH	> 7	< 7	< 5
Выщелачивающая	HCO_3^{3-} , мг-экв/л	$\geq 1,5$	< 1,5	< 0,4
Углекислотная	CO_2 , мг/л	$\leq 3,0$	> 3,0	> 8,3
Сульфатная	SO_4^{2-} , мг/л	≤ 250	> 250	> 400
Магниальная	Mg^{2+} , мг/л	≤ 100		

Углекислотная агрессивность возникает в результате действия агрессивной углекислоты CO_2 . В процессе взаимодействия с водой из цемента выделяется свободная известь $CaCO_3$, которая реагирует со свободной углекислотой с CO_2 .

Сульфатная агрессивность возникает при наличии в воде повышенного количества сульфата SO_4^{2-} ; в бетоне происходит кристаллизация новых соединений, образование которых сопровождается увеличением объема, вследствие чего происходит разрушение бетона.

Магниальная агрессивность, подобно сульфатной, ведет к разрушению бетона при соприкосновении его с водой, содержащей повышенное количество Mg^{2+} . При этом, если содержание ионов магния Mg^{2+} будет меньше 1000 мг/л, вода считается магниально-неагрессивной независимо от содержания иона SO_4^{2-} .

Основными мерами борьбы с агрессивным действием подземных вод являются: использование специальных (стойких к агрессивному воздействию) цементов; гидроизоляция подземных коммуникаций и сооружений; понижение уровней подземных вод с помощью дренажей; снижение агрессивных свойств с помощью химико-биологических методов.

ЛЕКЦИЯ № 9

«Виды подземных вод»

План лекции

1. Классификация подземных вод по характеру использования.
2. Классификация подземных вод по условиям залегания.
3. Верховодка.
4. Грунтовые воды. Карта гидроизогипс.
5. Межпластовые воды. Карта гидроизопьез.
6. Понятие о пьезометрическом уровне, фонтанирующие скважины.
7. Подземные воды в трещиноватых и закарстованных породах.
8. Естественные выходы подземных вод на поверхность.

1.

По характеру использования подземные воды подразделяются на хозяйственно-питьевые, технические, промышленные, минеральные, термальные.

Хозяйственно-питьевые воды. Пресные подземные воды – лучший источник водоснабжения, поэтому использование их для других целей, как правило, не допускается. Источником хозяйственно-питьевого водоснабжения являются подземные воды интенсивного водообмена. Глубина залегания пресных подземных вод от поверхности земли обычно не превышает нескольких десятков метров.

В последние годы для хозяйственно-питьевого водоснабжения используют соленоватые и соленые подземные воды после их искусственного опреснения. Использование соленоватых и соленых вод для водоснабжения затруднено стоимостью их переработки в пресные.

Технические воды – воды, используемые в различных отраслях промышленности и сельского хозяйства. Требования к подземным техническим водам отражают специфику того или иного вида производства. Качество технических вод оценивается по величине жесткости.

Промышленные воды содержат в растворе полезные элементы (бром, йод и др.) в количестве, имеющем промышленное значение. Залегают в зоне весьма замедленного водообмена, минерализация высокая (от 20 до 500-600 г/л), состав хлоридно-натриевый, температура нередко достигает 60-80°C.

Минеральные воды – подземные воды, имеющие повышенное содержание биологически активных микрокомпонентов, газов, радиоактивных элементов и т. д. Минеральные воды выходят на поверхность земли естественным путем, т. е. в виде источников, или вскрываются с помощью буровых скважин.

Термальные воды имеют температуру 37°C. Термальные подземные воды залегают повсеместно на глубинах от нескольких десятков и сотен метров (в горно-складчатых районах) до нескольких километров (на платформах). По трещинам термальные воды часто выходят на поверхность земли, образуя горячие источники с температурой до 100°C. Разновидностью горячих источников являются гейзеры.

2.

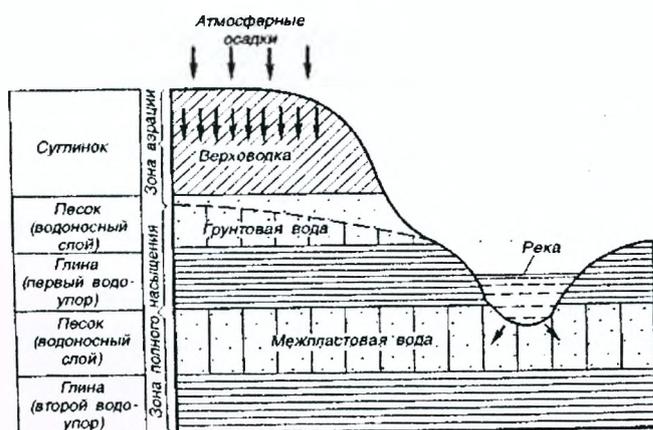


Рисунок 9.1 – Классификация подземных вод по условиям залегания

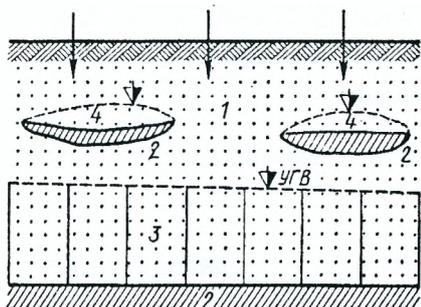
По условиям залегания в земной коре подземные воды подразделяют на верховодку, грунтовые и межпластовые (рисунок 9.1).

По гидравлическому признаку (характеру напора) верховодка и грунтовые воды относятся к ненапорным водам и имеют свободную поверхность, давление на которую равно атмосферному. Межпластовые воды бывают напорными и ненапорными. Напорные воды иначе называют артезианскими. Артезианские воды имеют пьезометрическую (напорную) поверхность.

Помимо этих основных типов подземных вод, выделяют также трещинные, карстовые и подземные воды районов многолетней мерзлоты.

3.

Верховодка – временное скопление подземных вод в зоне аэрации. Характерным для верховодки является то, что она может образовываться как над случайными водоупорами (полуводоупорами) в виде линз или прослоек плотных пород (глин и суглинков), так и в толще слабоводонепроницаемых пород, из-за их низкой водонепроницаемости (рисунок 9.2). В большинстве случаев образование верховодки связано с периодом обильного снеготаяния или периодом дождей.



1 – водопроницаемая порода;
2 – водоупорные породы; 3 – грунтовая вода; 4 – верховодка

Рисунок 9.2 – Верховодка

Добавочными факторами образования верховодки служат утечки воды из водопроводов, полив огородов, парков, улиц.

В целом, для верховодки характерно: небольшая мощность (редко превышает 1,0–2,0 м); небольшая площадь распространения; безнапорность; временный (сезонный) характер.

Воды верховодки содержат органические соединения и практически малопригодны для использования в хозяйственно-производственных целях.

Для строительства она представляет значительную опасность, т.к., залегая в зоне расположения подземных сооружений (подвалы, подполье, подземные насосные станции и др.), она может вызвать их подтопление.

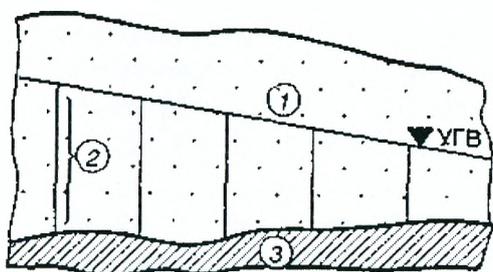
Следует учитывать, что при проведении инженерно-геологических изысканий, верховодка не всегда обнаруживается. Поэтому ее появление, в период строительства и эксплуатации, не должно быть неожиданным.

4.

Грунтовые воды – горизонты подземных вод, постоянные во времени, значительные по площади распространения и залегающие на первом от поверхности водоупоре.

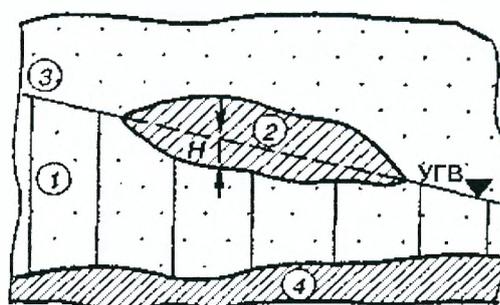
Для них характерны следующие особенности:

- они имеют свободную поверхность, называемую зеркалом грунтовых вод. Положение зеркала очень схоже с рельефом. Глубина залегания уровня грунтовых вод от 1 до 50 м и более. Водоупор, на котором сформирован первый водоносный горизонт, называется водоупорным ложем, а расстояние от уровня грунтовых вод до водоупора – мощностью водоносного слоя (рисунок 9.3). Грунтовые воды являются ненапорными. Иногда они могут проявить местный напор, связанный с залеганием линзы глины в уровне зеркала (рисунок 9.4);



1 – уровень грунтовой воды (УГВ); 2 – мощность грунтовой воды; 3 – ложе (водоупор)

Рисунок 9.3 – Грунтовые воды



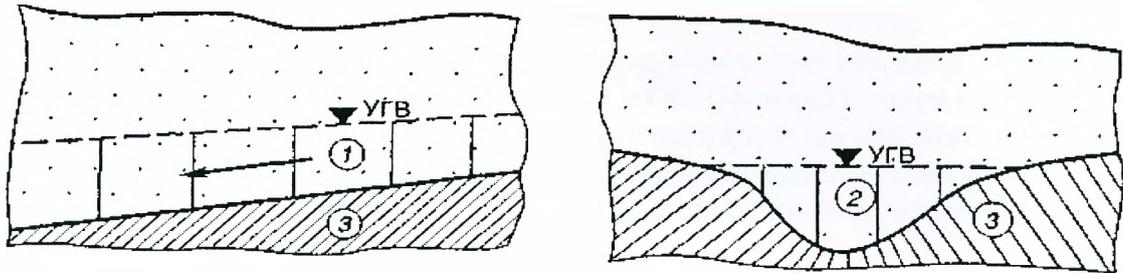
1 – грунтовая вода; 2 – линза глины; 3 – зеркало грунтовой воды (уровень); 4 – водоупор;

Н – высота местного напора

Рисунок 9.4 – Схема возникновения местного напора

- питание (пополнение) грунтовых вод происходит как за счет атмосферных осадков, так и поверхностного и речного стока. Площадь питания совпадает с площадью распространения грунтовых вод;

- грунтовые воды находятся в непрерывном движении и обычно образуют потоки, движущиеся в сторону общего уклона водоупора. Иногда они имеют форму грунтового бассейна, т.е. без движения (рисунок 9.5);



1 – грунтовый поток; 2 – грунтовый бассейн; 3 – водоупоры
Рисунок 9.5 – Формы залегания грунтовых вод

- качественные и количественные характеристики потока грунтовых вод зависят от инженерно-геологических и климатических условий.

Выделяют четыре зоны грунтовых вод:

- 1) грунтовые воды речных долин, глубина залегания от 0,01 до 15 м, со слабой минерализацией, залегающие в аллювиальных отложениях;
- 2) грунтовые воды ледниковых отложений, глубина залегания более 2 м, слабо минерализованные, залегающие в разнообразных обломочных породах;
- 3) грунтовые воды пустынь и полупустынь, глубина залегания 30-40 м и более, сильно минерализованные;
- 4) грунтовые воды горных областей, залегающие в выветрелых и трещиноватых породах.

Грунтовые воды создают большие трудности при производстве строительных работ (заливают котлованы, траншеи и др.) и мешают нормально эксплуатировать сооружения и другие объекты.

Карта гидроизогипс. *Карта гидроизогипс* – карта поверхности грунтовых вод, а *гидроизогипсы* – линии, соединяющие точки с одинаковыми абсолютными отметками поверхности грунтовых вод, т. е. горизонтали поверхности грунтовых вод. Гидроизогипсы отражают рельеф зеркала вод. Для построения карты гидроизогипс замеряют уровни грунтовых вод в скважинах, расположенных обычно в сетке. Замеры уровней воды должны быть единовременными. Абсолютные отметки уровней грунтовых вод в скважинах определяют по формуле:

$$H_{гв} = H - h_{гв}, \quad (9.1)$$

где $H_{гв}$ – абсолютная отметка грунтовых вод, м; H – абсолютная отметка земли, м;
 $h_{гв}$ – глубина залегания грунтовых вод, м.

Полученные абсолютные отметки надписывают над каждой скважиной и затем методом интерполяции строят гидроизогипсы. Сечение гидроизогипс выбирают в зависимости от масштаба карты и густоты расположения точек.

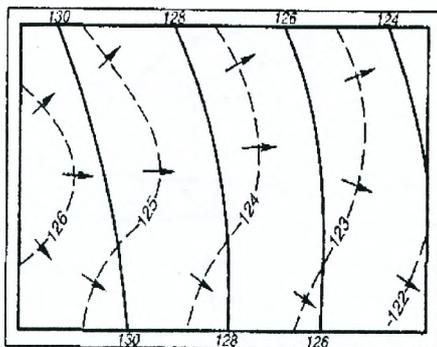


Рисунок 9.6 – Карта гидроизогипс

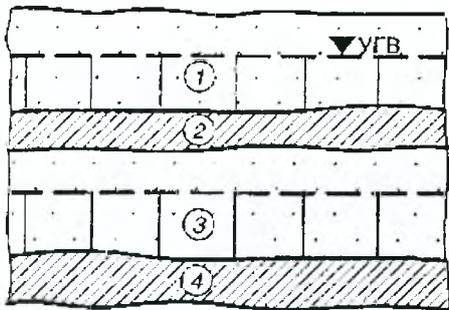
С помощью карты гидроизогипс можно выяснить: направление и скорость движения грунтового потока в любой точке; определить глубину залегания грунтовых вод; установить характер взаимосвязи грунтовых вод с поверхностными.

Карта гидроизогипс имеет большое практическое значение при сооружении гидроузлов, проектировании водоснабжения на базе грунтовых вод, выборе промышленной площадки, разработке осушительных мелиораций и определении водопритоков к водозаборам.

5.

Межпластовые воды – водоносные горизонты, располагающиеся между водоупорами. Бывают ненапорными и напорными (артезианские).

Межпластовые ненапорные воды встречаются редко и связаны с горизонтально залегающими водоносными слоями, заполненными водой полностью или частично (рисунок 9.7).

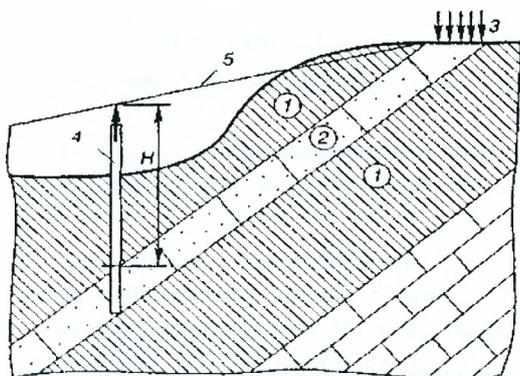


1 – грунтовая вода; 2 – первый водоупор;
3 – межпластовая вода; 4 – второй водоупор

Рисунок 9.7 – Межпластовая ненапорная вода

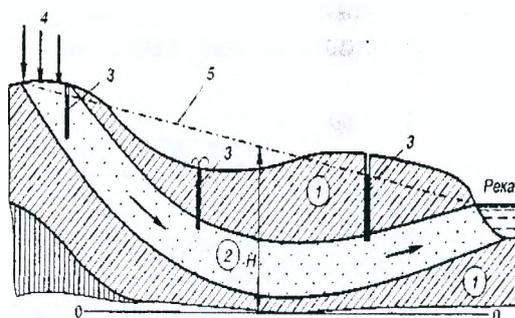
Напорные (артезианские) воды связаны с залеганием водоносных слоев в виде синклиналей или моноклиналей. Площади распространения напорных водоносных горизонтов называют артезианским бассейном (рисунок 9.9). Напорных горизонтов может быть несколько, каждый из них имеет свою область питания, но напор подземных вод во всех них создается за счет залегания их отдельных частей на различных высотных отметках. Область питания распространена в приподнятой части артезианского бассейна. На ее территории происходит инфильтрационное питание напорных вод и переход поверхностного потока в подземный. Подземные воды в этой области не обладают напором и относятся к типу грунтовых. В местах с низкими отметками рельефа располагаются области разгрузки артезианских вод. Напорные воды разгружаются непосредственно в реки или отложения рек, под уровень моря или выходят на дневную поверхность. Основную площадь артезианского бассейна занимает область напора. На ее территории подземные воды находятся под постоянным напором, который возрастает по мере приближения к осевой части синклинального прогиба.

Напорные воды могут формироваться не только в слоях, залегающих между водоупорами, но и в массивах скальных трещиноватых пород и карстовых пустотах.



1 – водоупоры; 2 – водоносный слой; 3 – область питания; 4 – буровая скважина;
5 – пьезометрический уровень; H – высота напора

Рисунок 9.8 – Артезианская вода при моноклиальном залегании слоев



1 – водоупор; 2 – водоносный слой; 3 – буровые скважины; 4 – область питания;
5 – пьезометрический уровень; H – высота напора

Рисунок 9.9 – Артезианский бассейн (синклинальное залегание слоев)

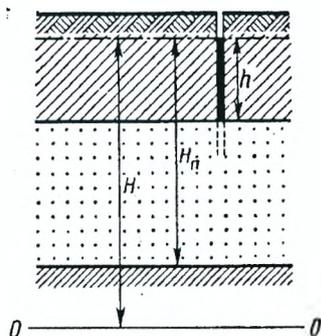
Карта пьезометрической поверхности напорных вод (карта гидроизопьез). *Карта гидроизопьез* – карта поверхностных напорных вод. Гидроизопьезы – линии, соединяющие точки с одинаковыми абсолютными отметками пьезометрического уровня. Эта карта строится на топографической основе методом интерполяции. В отличие от карты гидроизогипс при построении карты гидроизопьез можно пользоваться замерами уровней, производимых в разное время.

Сближение гидроизопьез указывает на резкое уменьшение мощности и ширины потока или уменьшение водопроницаемости пород. Карта гидроизопьез обязательно сопровождается гидрогеологическими разрезами. По карте гидроизопьез можно определить ряд важных показателей водоносного пласта и охарактеризовать особенности его строения, в частности: направление движения артезианского потока и характер изменения пьезометрической поверхности, а также причины, обуславливающие эти изменения; величину напора; глубину залегания напорных вод; пьезометрический уклон; области питания и разгрузки; участки возможного самоизлива; наличие гидравлической связи с грунтовыми и речными водами.

6.

Напорность вод характеризуется пьезометрическим уровнем, от местоположения которого вода, при выходе из буровых скважин, может фонтанировать (такие скважины называют фонтанирующими) или не появиться на поверхности вообще.

Пьезометрический уровень – уровень, который устанавливается в скважинах при вскрытии напорных вод. Пьезометрический уровень выражается в абсолютных отметках. Он может в зависимости от условий залегания пород и рельефа местности подняться выше поверхности (положительный уровень), стать вровень с ней или быть ниже поверхности земли (отрицательный уровень). Если пьезометрический уровень расположен выше поверхности земли, высоту столба воды над устьем скважин, т. е. высоту самоизлива, определяют наращиванием обсадных труб.



Высота столба воды в метрах, отсчитываемая от кровли водного пласта, называется напором над кровлей h (рисунок 9.10). Истинное значение напорности выражает пьезометрический напор (H). Пьезометрический напор отсчитывается от плоскости сравнения 0-0 (уровень моря) до пьезометрического уровня. Высота пьезометрического напора отсчитывается иногда не от плоскости сравнения, а от подошвы напорного водоносного пласта (H_n).

H – пьезометрический напор от плоскости сравнения 0-0; H_n – пьезометрический напор от подошвы водоносного пласта; h – напор над кровлей пласта

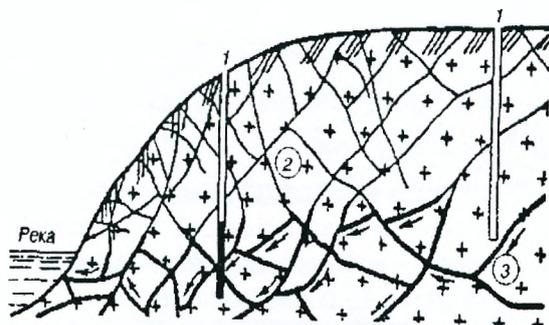
Рисунок 9.10 – Графическое изображение напорности подземных вод

7.

К особым типам подземных вод относятся трещинные и карстовые воды.

Трещинные воды – подземные воды, циркулирующие в трещиноватых горных породах. Перемещаются они по системе взаимосвязанных трещин и образуют единую гидравлическую систему.

В зависимости от условий залегания трещинные воды могут быть грунтовыми, межпластовыми и жильными.



1 – скважины; 2 – трещины с водой в скальных породах; 3 – трещины, заполненные водой

Рисунок 9.11 – Залегание трещинно-грунтовых вод

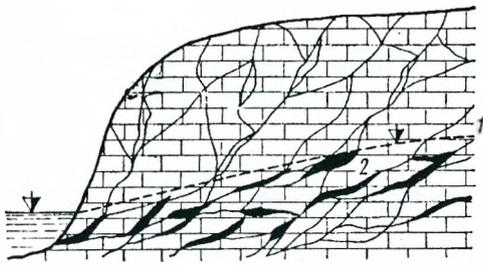
Трещинно-грунтовые воды (рис. 9.11) развиты в верхней трещиноватой зоне кристаллических массивов (до глубины 80-100 м). Питание этих вод осуществляется за счет инфильтрации атмосферных осадков. Отличаются значительными колебаниями уровня подземных вод во времени. Их площади питания совпадают с площадями распространения. Водоупором трещинно-грунтовых вод служат монолитные нетрещиноватые скальные породы. Водообильность трещинно-грунтовых вод определяется условиями их питания и степенью трещиноватости горных пород. Трещинно-грунтовые воды расположены в зоне активного водообмена. В связи с чем, они пресные, гидрокарбонатно-кальциевого состава.

Межпластовые трещинные воды циркулируют в артезианских бассейнах, водоносные горизонты которых представлены трещиноватыми горными породами.

Трещинно-жильные воды развиты в зонах тектонических нарушений с крупными трещинами. Это вытянутые узкие водные потоки (жилы), уходящие на глубину на несколько сот метров. Отличаются напорным режимом, значительной водообильностью. Разгружаются на поверхности земли, тем самым образуя мощные родники. Питание осуществляется за счет трещинно-грунтовых вод, разгрузки глубокого залегающих напорных водоносных горизонтов и других источников.

Карстовые воды – подземные воды, циркулирующие по трещинам и пустотам карстового происхождения (рисунок 9.12).

Степень и характер закарстованности горных пород определяют основные черты карстовых вод (глубину развития, интенсивность движения, гидравлическое состояние, водообильность и т.д.).



1 – уровень карстовых вод;
2 – зона карстовых пустот, заполненных водой
Рисунок 9.12 – Залегание карстовых вод в известняках

Карстовые воды отличаются от трещинных вод более интенсивным движением, особенно в верхней зоне массива закарстованных пород, непостоянством химического состава, резким изменением водообильности на сравнительно небольших расстояниях. Питание карстовых вод осуществляется за счет инфильтрации атмосферных осадков, подпитывания со стороны поверхностных водотоков и водоемов, а также перетекания подземных вод из других водоносных горизонтов.

8.

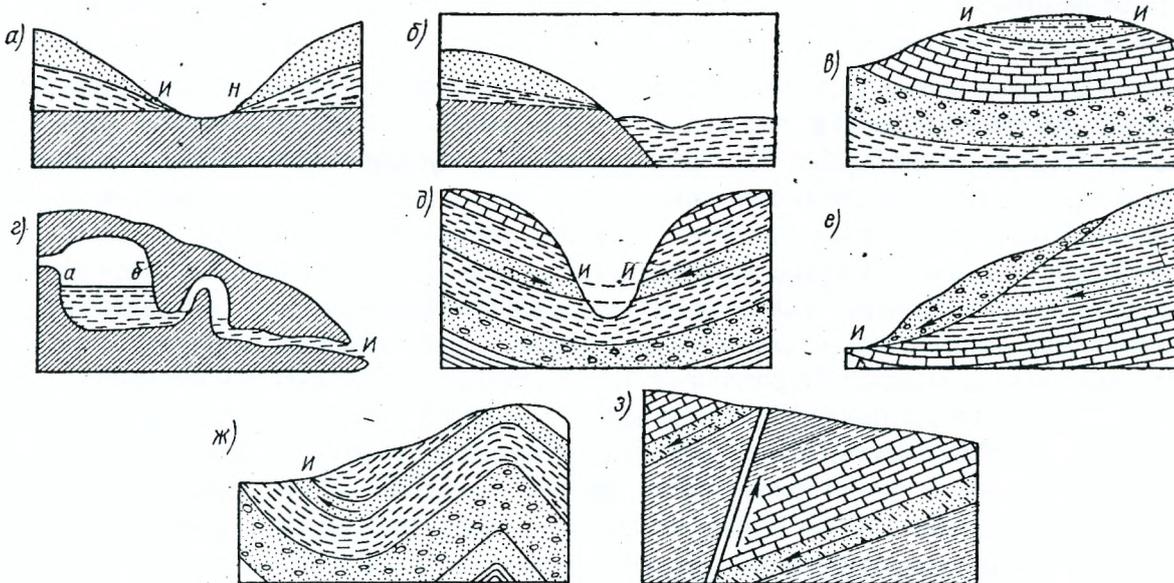
Естественные выходы подземных вод на дневную поверхность называют **родниками**. Они образуются в результате пересечения водоносного горизонта поверхностью рельефа. Различают четыре типа источников, питающихся: 1) верховодкой; 2) грунтовыми водами; 3) межпластовыми водами; 4) жильными и трещинными водами.

Источники, питающиеся верховодкой, характеризуются непостоянством режима и расположением в зоне аэрации. Источники, питающиеся грунтовыми водами, – постоянством режима и ненапорными водами. В связи с этим грунтовые источники являются нисходящими. Среди них выделяют эрозионные (рисунок 9.13а), контактные (рисунок 9.13б) и переливающиеся (рисунок 9.13в).

Источники, образовавшиеся от вскрытия межпластового водоносного горизонта, являются постоянно действующими. Они перестают давать воду только в тех случаях, когда пересыхает водоносный горизонт. Кроме этих источников, могут возникать переливающиеся и сифонные (рисунок 9.13г), имеющие место в тех случаях, когда вода полностью заполняет подземную чашу.

Если на дневную поверхность выходят напорные воды, то образуется восходящий источник. К восходящим источникам относят гейзеры. Восходящие источники могут возникать на артезианских склонах или в артезианских бассейнах (рисунок 9.13ж) или подниматься вверх по напорным жилам (рисунок 9.13з).

Условия образования, залегания и режима подземных вод различны и зависят от гидрологических, гидрометеорологических и геологических факторов.



а – эрозионного нисходящего источника при вскрытии грунтовых вод речной долины; б – контактного нисходящего источника при нарушении контакта водоносного слоя; в – переливающегося источника при мульдообразном залегании водоупорного слоя; г – сифонного источника; д – источников в долине, вскрывающей межпластовые воды синклинали складки; е – источников у подошвы делювиального плаща, перекрывающего выход межпластовых вод; ж – восходящих источников при вскрытии артезианского горизонта; з – восходящих источников вдоль сбросовых трещин; И – источники

Рисунок 9.13 – Схема образования источников

ЛЕКЦИЯ № 10

«Основные законы динамики подземных вод»

План лекции

1. Динамика подземных вод. Инфильтрация и фильтрация.
2. Виды фильтрационных потоков по характеру движения подземных вод.
3. Фильтрационные потоки в плане, границы потоков.
4. Основной закон движения подземных вод.
5. Скорость движения подземных вод, действительная и кажущаяся.
6. Коэффициент фильтрации. Определение коэффициента фильтрации расчетным методом.
7. Лабораторные методы определения коэффициента фильтрации.
8. Полевые методы определения коэффициента фильтрации.
9. Определение направления и скорости движения грунтовых вод по методу треугольника.
10. Определение направления и скорости движения грунтовых вод по методу скважин.
11. Расход плоского безнапорного потока в однородных пластах при горизонтальном водоупоре.
12. Расход плоского безнапорного потока в однородных пластах при наклонном водоупоре.
13. Расход плоского напорного потока в однородных пластах при параллельных водоупорах.
14. Расход плоского напорного потока в однородных пластах при непараллельных водоупорах.

1.

Раздел гидрогеологии, изучающий закономерности движения подземных вод, называется **динамикой подземных вод**. Движение подземных вод подчиняется определенным законам, и им присущи определенные формы передвижения. Законы движения подземных вод используются при гидрологических расчетах водозаборов, дренажей, определении запасов подземных вод и т.д.

Движение подземных вод в горных породах определяется их водными свойствами и степенью насыщенности. Подземные воды могут передвигаться в горных породах как путем инфильтрации, так и фильтрации. При **инфильтрации** передвижение воды происходит при частичном заполнении пор воздухом или водяными парами, что обычно наблюдается в зоне аэрации. При **фильтрации** движение воды происходит при полном заполнении пор или трещин водой. Масса этой движущейся воды создает фильтрационный поток.

2.

Фильтрационные потоки подземных вод различаются по характеру движения, гидравлическому состоянию, режиму фильтрации и т.д.

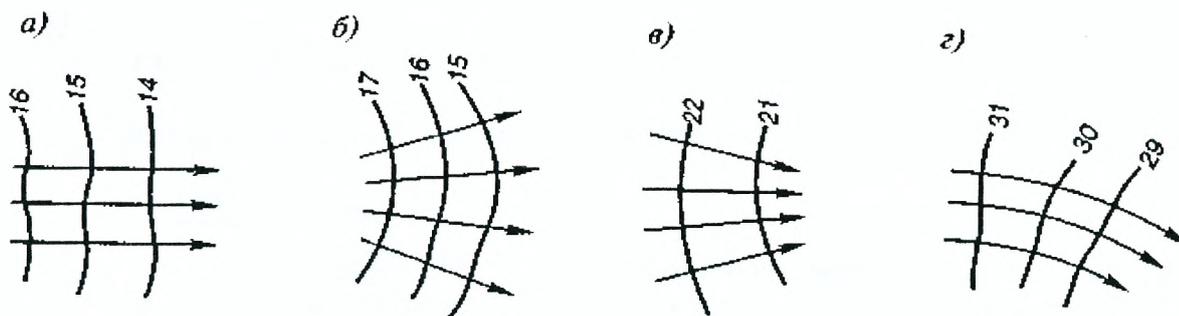
По характеру движения бывают: 1) установившимися; 2) неустановившимися. Установившиеся потоки характеризуются постоянством своих элементов (скорость, расход, направление) во времени. Для неустановившихся фильтрационных потоков характерно изменение их параметров не только от координат пространства, но и от времени. *Подземный поток становится неустановившимся под действием различных естественных и искусственных факторов (неравномерная инфильтрация атмосферных осадков, откачка воды из скважины, сброс сточных вод на поля фильтрации).*

По гидравлическому состоянию различают: 1) безнапорные; 2) напорные; 3) напорно-безнапорные. Для безнапорных потоков отмечено неполное заполнение водой поперечного сечения водопроницаемого пласта. Безнапорные потоки имеют свободную поверхность, движение воды в них происходит под действием силы тяжести, режим фильтрации – жесткий. Напорные потоки характеризуются полным заполнением поперечного сечения водопроницаемого пласта водой, имеется пьезометрический уровень, движение воды происходит как под действием силы тяжести, так и за счет упругих свойств воды и водовмещающих пород, режим фильтрации – упругий. Напорно-безнапорные потоки образуются при откачке воды из скважин, если пьезометрический уровень опускается ниже кровли водоносного пласта.

Движение подземного потока может быть ламинарным и турбулентным. Ламинарное движение характеризуется передвижением струек воды без завихрений, параллельно друг другу. Наблюдается в пористых и трещиноватых породах с коэффициентом фильтрации до 300-400 м/сут. Турбулентное движение носит вихревой характер и наблюдается в породах с крупными трещинами и пустотами, коэффициентом фильтрации более 300-400 м/сут.

3.

Фильтрационные потоки в плане можно рассматривать как плоские, радиальные (сходящиеся и расходящиеся) и криволинейные (рисунок 10.1).



а – плоский; б – радиальный (расходящийся); в – радиальный (сходящийся); г – криволинейный

Рисунок 5.1 – Форма потоков грунтовых вод

Плоским называется поток подземных вод, в котором струйки направлены более или менее параллельно друг другу.

Радиальный поток отличается различным направлением струек: сходящимся или расходящимся.

Криволинейным называется поток подземных вод, в котором струйки направлены по кривым траекториям.

Фильтрационные потоки имеют естественные границы, как в плане, так и в разрезе. Границами в разрезе служат: а) для напорного потока – нижний и верхний водоупоры; б) для безнапорного – водоупор (снизу) и свободная поверхность (сверху).

Границами подземного потока в плане (боковыми границами) являются реки, озера, каналы и другие поверхностные водоемы и водотоки. Возможны водонепроницаемые границы (например, контур водоупорных глин).

4.

Подземные воды в зоне полного насыщения передвигаются при наличии разности гидравлических напоров (уровней) от мест с более высоким к местам с низким напором (уровнем) – рисунок 5.2.

Разность напоров $\Delta H = H_1 - H_2$ на участке l обуславливает движение воды в направлении сечения II.

Скорость движения зависит от величины разности напора (ΔH) и длины пути фильтрации l , т.е. от гидравлического уклона (градиента):

$$J = \frac{\Delta H}{\Delta l} \quad (5.1)$$

Современная теория движения подземных вод основывается на теории фильтрации, описываемой законом Дарси:

$$v = k_f \cdot J \quad (5.2)$$

где v – установившаяся скорость фильтрационного потока постоянной массы, м/сут;

k_f – коэффициент фильтрации, м/сут;

J – установившийся градиент напора.

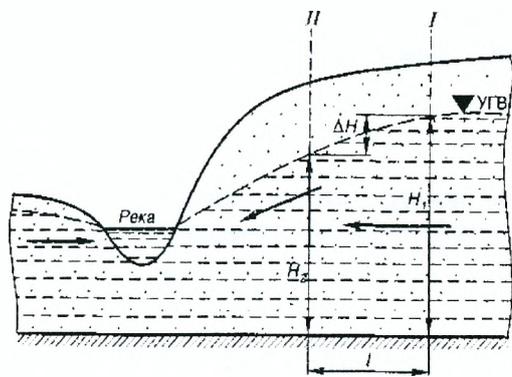


Рисунок 5.2 – Схема безнапорной фильтрации

Тогда расход воды (количество фильтрующейся воды в единицу времени) можно определить по зависимости:

$$Q = v \cdot w \quad (5.3)$$

где w – площадь поперечного сечения потока, м².

5.

Скорость фильтрации определяется по формуле:

$$v = \frac{Q}{w} \quad (5.4)$$

Однако скорость, определенная по этой формуле, не соответствует действительности, т.к. вода течет по порам, а не по всему сечению.

Поэтому действительную скорость фильтрации определяют с учетом пористости (n):

$$v_0 = \frac{Q}{w \cdot n} \quad (5.5)$$

Однако эта формула правомерна только для рыхлых пород, где все поры открыты.

Для связных (глинистых) грунтов, где множество пор закрыто, в расчет нужно вводить активную пористость:

$$n_a = n \cdot W_{\max} \cdot \rho_s \quad (5.6)$$

где W_{\max} – максимальная молекулярная влагоемкость (в долях единицы);

ρ_s – плотность частиц пород, г/см³.

6.

Коэффициент фильтрации – скорость фильтрации при напорном градиенте, равном единице. Он характеризует водопроницаемость пород. Сильноводопроницаемые породы характеризуются $k_f > 30$ м/сут, средневодопроницаемые $k_f = 1-30$ м/сут, слабоводопроницаемые – $k_f = 0,1-1$ м/сут и водоупорные (глины) – $k_f < 0,001$ м/сут.

Коэффициент фильтрации является основным расчетным показателем при решении всех гидрогеологических задач – определении фильтрационных потерь из водохранилища, количества воды, протекающей в единицу времени в основании и в береговых примыканиях плотин, расчета дебита скважин в целях водоснабжения, притока воды в строительные котлованы и т.п.

Существует несколько методов определения коэффициента фильтрации, среди них расчетный, основанный на характеристике гранулометрического состава пород. Коэффициент фильтрации определяется посредством эмпирических формул. Наиболее простой является формула Хазена-Замарина:

$$k_f = 1500 \cdot (d_{10})^2 \quad (5.7)$$

где d_{10} – действующий диаметр, то есть диаметр частиц, мельче которых в грунтовом массиве содержится 10% от общей его массы, мм. Значение этой величины определяют по кривой гранулометрического состава (рисунок 5.3).

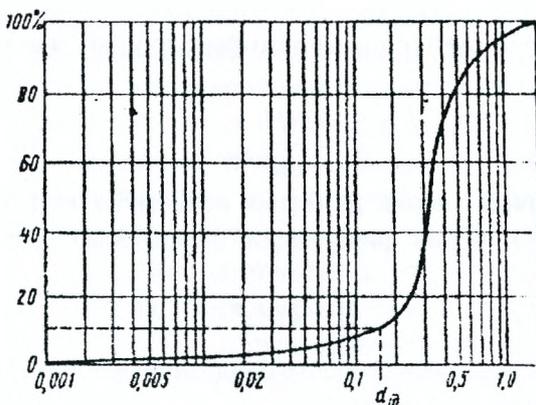


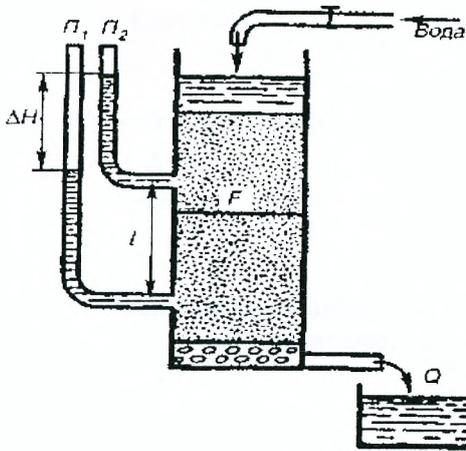
Рисунок 5.3 – Кривая гранулометрического состава для определения действующего диаметра

7.

Лабораторные методы основаны на изучении скорости движения воды через образец грунта при различных градиентах напора. Приборы для определения коэффициента фильтрации подразделены на два типа: с постоянным напором и с переменным.

Приборы с постоянным напором (приборы Тима, Тима-Каменского, трубка конструкции СПЕЦГЕО) применимы для грунтов с высокой водопроницаемостью.

Принцип работы приборов следующий. В цилиндрический сосуд с двумя боковыми пьезометрами Π_1 и Π_2 помещают испытываемый грунт (рисунок 5.4). Через него фильтруют воду под напором. Коэффициент фильтрации определяют по формуле 5.8.



$$k_f = \frac{Q}{F \cdot J} = \frac{Q \cdot L}{F(h_1 - h_2)}, \quad (5.8)$$

где h_1 и h_2 – показания пьезометров, м;
 L – расстояние между точками их присоединения, м;
 F – диаметр цилиндра, м²;
 J – напорный градиент;
 Q – расход профильтровавшейся воды, м³/сут.

Рисунок 5.4 – Схема прибора для определения коэффициента фильтрации в песке

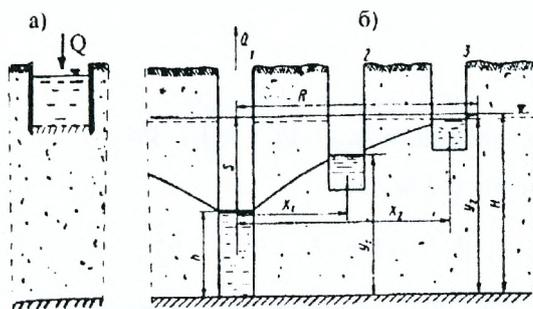
Приборы с переменным напором используют для определения коэффициента фильтрации связанных грунтов с малой водопроницаемостью. Это компрессионно-фильтрационные приборы типа Ф-1М. Основной частью прибора является одомер, с помощью которого на грунт передается давление. К одомеру по трубкам подводится и после фильтрации отводится вода. Напор создается с помощью пьезометрических трубок.

Преимущество лабораторных методов – простота и дешевизна.

8.

Полевые методы позволяют определить коэффициент фильтрации непосредственно на строительной площадке, без взятия образцов. При этом, если породы сухие, то применяют метод налива в шурфы, а если влажные – метод откачки из скважины (рисунок 5.5).

Метод налива целесообразен при определении коэффициента фильтрации верхних пластов грунтов (до 1,5–2,0 м), метод откачки – для глубоко залегающих пластов. При этом откачка может производиться как из одной скважины, так и при наличии группы скважин, т.е. одиночная скважина или кустовая откачка.



1 – опытная скважина, из которой производится откачка; 2 и 3 – наблюдательные скважины;
 4 – шурф

Рисунок 5.5 – Определение коэффициента фильтрации в полевых условиях методом налива (а) и откачки (б)

При кустовой откачке одна из скважин (опытная) используется для откачки, а все остальные служат наблюдательными, что позволяет не только определить коэффициент фильтрации, но и характер изменения режима на прилегающей территории, т.е. радиус влияния, однородность пластов, наличие линз и т.д.

Значение коэффициента фильтрации определяют из выражения:

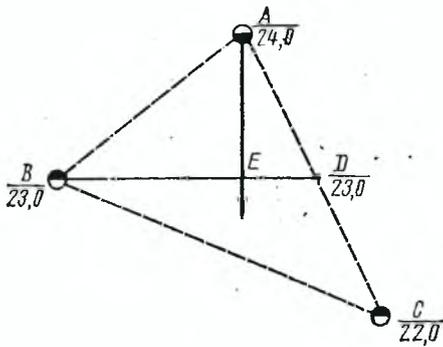
$$k_f = Q \cdot \frac{\ln(x_2) - \ln(x_1)}{\pi \cdot (y_2^2 - y_1^2)}, \quad (5.9)$$

где Q – расход воды, откачиваемой из скважины, м³/сут;
 x_1 и x_2 – расстояние от опытной скважины до наблюдательных скважин, м;
 y_1 и y_2 – положение уровней воды в наблюдательных скважинах, м.

9.

Для того чтобы определить направление движения подземных вод, необходимо пробурить три скважины и установить в них отметки воды (рисунок 5.6).

Предположим, что отметки уровня воды в трех скважинах – 24,0; 23,0 и 22,0. Тогда на линии АС найдем точку, в которой уровень воды находится на отметке 23,0. Линия ВD, следовательно, будет представлять собой линию гидроизогины, а перпендикулярная ей линия АЕ – линия тока. На линии тока пробуривают две скважины и наблюдают за скоростью движения воды. Если расстояние между скважинами l , уровни воды в скважинах h_1 и h_2 и время движения воды t , то скорость движения будет:



$$v = \frac{l}{t} \quad (5.10)$$

Скорость фильтрации:

$$q = \frac{l \cdot n}{t} = \frac{k_f (h_1 - h_2)}{l} \quad (5.11)$$

Рисунок 5.6 – К определению направления движения воды по трем скважинам

10.

Для определения скорости движения воды применяют метод скважин (колориметрический метод). Для этого необходимо иметь несколько скважин. В пусковую (центральную) скважину запускают некоторое количество легкорастворимой краски. В щелочных водах применяют флюоресцин, флюаротрин, зозин, в кислых – метиленовую синьку. Чаще всего применяют флюоресцин, т.к. он заметен при самых ничтожных концентрациях. Раствор краски погружают в скважину в стеклянной бутылке, которую затем разбивают буровым наконечником, и замеряют время. Появление окраски в воде в одной из наблюдательных скважин указывает направление потока воды и позволяет установить время движения воды.

11.

Плоским потоком может служить движение подземных вод к траншеям, штольням и другим горизонтальным выработкам.

Согласно основному закону Дарси, в пределах рассматриваемого участка (рисунок 5.7) от сечения I до сечения II расход грунтового (безнапорного) потока в однородных пластах определяется как:

$$Q = k_f \cdot J \cdot F = k_f \cdot J_{cp} \cdot B \cdot h_{cp} \quad (5.12)$$

где k_f – коэффициент фильтрации водоносного пласта, м/сут;

B – ширина потока, м;

h_{cp} – средняя мощность потока, м;

J_{cp} – средний напорный градиент потока.

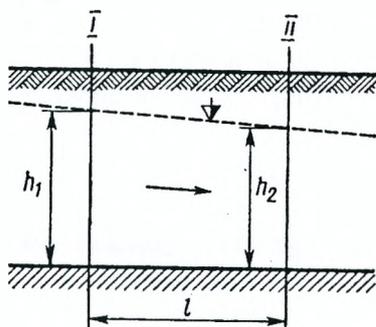


Рисунок 5.7 – Схема для расчета расхода плоского безнапорного потока грунтовых вод в однородных пластах при горизонтальном водоупоре

Принимая $h_{cp} = (h_1 + h_2)/2$ и $J_{cp} = (h_1 - h_2)/l$, расход грунтового потока можно выразить формулой:

$$Q = [k_f \cdot B (h_1 + h_2)/2] \cdot [(h_1 - h_2)/l] = k_f \cdot B (h_1^2 - h_2^2)/2 \cdot l \quad (5.13)$$

Расход плоского потока удобнее выражать в единицу его ширины, т.е. в виде единичного расхода:

$$q = Q/B, \quad (5.14)$$

где q – единичный расход плоского потока, м²/сут.

Единичный расход плоского потока – количество воды, протекающее в единицу времени через сечение потока шириной 1 м.

$$q = k_f \cdot (h_1^2 - h_2^2)/2 \cdot l \quad (5.15)$$

12.

В случае наклонного водоупора (рисунок 5.8) проводится условная плоскость 0-0, от которой вычисляют высоту напора в соответствующих скважинах:

$$i_{cp} = (H_1 - H_2)/l, \quad (5.16)$$

$$\omega_{cp} = (h_1 - h_2)/2. \quad (5.17)$$

Единый расход грунтового потока определяется из закона Дарси:

$$q = [k_f(h_1 + h_2)/2] \cdot [(H_1 - H_2)/l], \quad (5.18)$$

где H_1 и H_2 – напоры воды в сечениях I и II, отсчитанные от условной плоскости сравнения (0-0) или уровня моря.

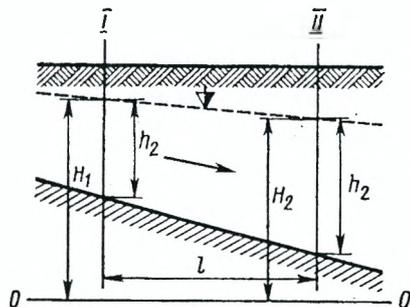


Рисунок 5.8 – Схема для расчета расхода плоского безнапорного потока грунтовых вод в однородных пластах при наклонном водоупоре

13.

Единый расход напорного потока подземных вод по формуле Дарси при параллельных водоупорах (при постоянной мощности водоносного пласта) равен:

$$q = k_f \cdot m \cdot J_{cp} = k_f \cdot m \cdot (H_1 - H_2)/l, \quad (5.19)$$

где H_1 и H_2 – пьезометрические уровни воды в сечениях I и II.

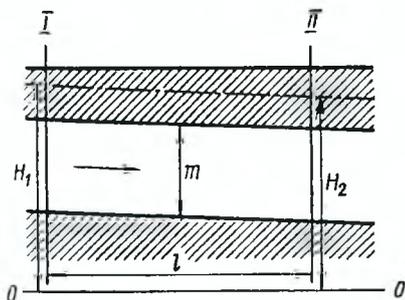


Рисунок 5.9 – Схема для расчета расхода плоского напорного потока грунтовых вод в однородных пластах при параллельных водоупорах

14.

Если мощность водоносного напорного пласта m меняется на участке l , то единый расход приблизительно определяется по формуле:

$$q = k_f \cdot \frac{m_1 + m_2}{2} \cdot \frac{H_1 - H_2}{l}, \quad (5.20)$$

где m_1 и m_2 – мощности напорного пласта в сечениях I и II.

При значительной разности мощностей m_1 и m_2 для расчетов используется формула Н.Н. Биндемана:

$$q = k_f \cdot \frac{m_1 + m_2}{\ln \frac{m_2}{m_1}} \cdot \frac{H_1 - H_2}{l}. \quad (5.21)$$

Значительную трудность при расчете притока воды к горизонтальным выработкам представляют условия неоднородной слоистой толщи горных пород.

При движении подземных вод в неоднородных водоносных пластах, т.е. пластах, состоящих из ряда слоев с различной водопроницаемостью, для определения расхода потока подземных вод вводится средний коэффициент фильтрации пласта $K_{f\text{cp}}$.

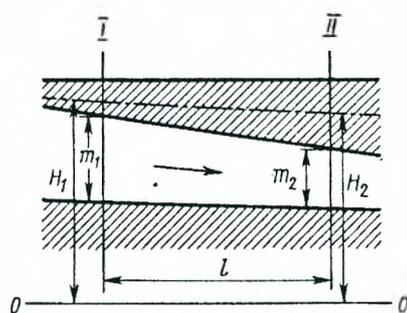


Рисунок 5.10 – Схема для расчета расхода плоского напорного потока грунтовых вод в однородных пластах при непараллельных водоупорах

ЛЕКЦИЯ № 11

«Приток воды к водозаборным сооружениям»

План лекции

1. Виды водозаборных сооружений.
2. Понятие о депрессионной воронке. Радиус депрессии.
3. Статический и динамический уровень подземных вод. Понятие дебита водозаборных сооружений.
4. Дебит совершенной безнапорной скважины.
5. Дебит совершенной напорной скважины.
6. Дебит совершенной напорно-безнапорной скважины.
7. Виды несовершенства скважин.
8. Дебит несовершенных скважин.
9. Удельный дебит скважин.
10. Поглощающие колодцы и их дебит.
11. Взаимодействующие водозаборы.
12. Дебит взаимодействующих скважин.
13. Приток воды к шахтным колодцам.
14. Приток безнапорных вод к горизонтальному водозабору.
15. Приток напорной воды к горизонтальному водозабору.
16. Понижение уровня подземных вод. Строительное понижение, дренаж, типы дренажей.
17. Виды систем водопонижительных установок.
18. Виды систем дренажей.

1.

Водозаборное сооружение – сооружение, с помощью которого производится захват (забор) подземных вод для водоснабжения и других целей.

Существуют различные типы водозаборных сооружений: 1) вертикальные; 2) горизонтальные; 3) лучевые.

К вертикальным водозаборам относят буровые скважины и шахтные колодцы, к горизонтальным – траншеи, галереи, штольни, к лучевым – водосборные колодцы с водоприемными лучами-фильтрами.

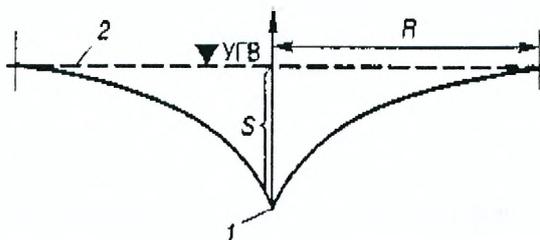
Водозаборные сооружения бывают одиночные и групповые. Одиночные – водозаборы, состоящие из одной скважины, колодца. Групповые – водозаборы, состоящие из нескольких скважин, колодцев.

Водозаборные сооружения могут быть совершенными и несовершенными. Водозаборные сооружения, вскрывающие водоносный горизонт на полную его мощность, являются совершенными, а не на полную – несовершенными.

По характеру вскрытия подземных вод водозаборные сооружения бывают: 1) грунтовые (ненапорные); 2) артезианские (напорные); 3) грунтово-артезианские (напорно-безнапорные).

2.

При откачке воды из скважин вследствие трения воды о частицы грунта происходит воронкообразное понижение уровня (рисунок 11.1).



- 1 – точка откачки; 2 – нормальный уровень;
S – понижение уровня в центре воронки;
R – радиус воронки

Рисунок 11.1 – Депрессионная воронка

Образуется депрессионная воронка, имеющую в плане форму, близкую к кругу. В вертикальном разрезе воронка ограничивается депрессионными кривыми, крутизна которых возрастает по мере приближения к оси скважины.

Установление границ депрессионной воронки имеет большое практическое значение при оценке фильтрационных свойств пород, выделении зон санитарной охраны, определении причин загрязнения источника водоснабжения и др.

Радиус депрессионной воронки называется **радиусом влияния (R)**. Радиус влияния и крутизна кривых депрессий зависят от водопроницаемости пород. На величину и форму депрессионной воронки оказывают влияние условия питания водоносного горизонта, связь его со смежными водоносными горизонтами и поверхностными водоемами, интенсивность и продолжительность откачки.

Радиус влияния определяется:

- для безнапорных водоносных пластов по формуле Кусакина:

$$R = 2 \cdot S \sqrt{H \cdot k_f}, \quad (11.1)$$

где S – понижение уровня воды при откачке по центру воронки, м;

H – мощность безнапорного водоносного пласта, м;

k_f – коэффициент фильтрации, м/сут;

- для напорных водоносных пластов по формуле Зихардта:

$$R = 10 \cdot S \sqrt{k_f}. \quad (11.2)$$

Наиболее достоверно радиус влияния можно определить по результатам опытных откачек. В этом случае радиус влияния определяют по формуле:

$$R = 1,5 \cdot \sqrt{a \cdot t}, \quad (11.3)$$

где t – время работы водозабора, с;

a – коэффициент пьезопроводности в напорных или уровнепроводности в безнапорных водоносных пластах, м²/сут.

3.

Прогноз возможного притока грунтовых вод к водозаборным сооружениям имеет большое практическое значение. Это позволяет спроектировать наиболее рациональную систему водозабора или мероприятия по понижению уровня грунтовых вод.

Уровень воды в водозаборном сооружении до откачки называют **статическим**, а уровень, пониженный в процессе откачки, – **динамическим**.

Если вода не откачивается, то ее уровень находится в одном положении с поверхностью грунтового потока. При откачке воды возникает депрессионная воронка, уровень воды понижается. Производительность сооружения определяется величиной дебита.

Дебит – количество воды, которое может отдать сооружение в единицу времени. Измеряется в м³/сут или л/с.

При откачке воды в количестве большем, чем величина дебита, т. е. больше того, что притекает к сооружению из водоносного слоя в единицу времени, уровень резко понижается. На некоторое время сооружение может остаться без воды.

4.

При определении дебита совершенной скважины применяют закон Дарси (лекция № 10). Для установления поперечного сечения и напорного градиента расположены координатные оси по поверхности водоупора (x) и по оси скважины (y). Площадь сечения потока, представляющая собой боковую поверхность цилиндра, будет равна:

$$F = 2 \cdot \pi \cdot x \cdot y. \quad (11.4)$$

Приток подземных вод к скважине через это сечение при напорном градиенте ($J = \frac{dy}{dx}$) определится по закону Дарси:

$$Q = 2 \cdot \pi \cdot x \cdot y \cdot k_f \cdot \frac{dy}{dx}. \quad (11.5)$$

Разделив переменные и проинтегрировав полученное уравнение для x в пределах от r до R и для y от h до H получим уравнение (формула Дюпюи):

$$Q = \frac{\pi \cdot k_f (H^2 - h^2)}{\ln(R) - \ln(r)}, \quad (11.6)$$

где H – мощность водоносного пласта, м; r – радиус скважины, м;

h – высота неподвижного столба воды в скважине, м.

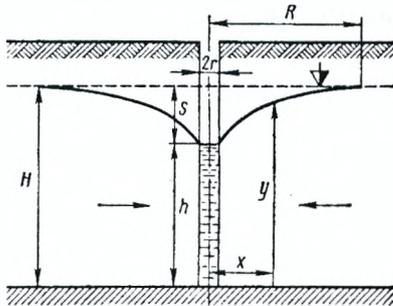


Рисунок 11.2 – Приток безнапорной воды к совершенной скважине

Подставив числовое значение π и заменив натуральные логарифмы десятичными, получим:

$$Q = 1,366 \cdot k_f \cdot \frac{H^2 - h^2}{\lg(R) - \lg(r)} \quad (11.7)$$

Т.к. $H - h = S$, то:

$$Q = 1,366 \cdot k_f \cdot \frac{(2 \cdot H - S) \cdot S}{\lg(R) - \lg(r)} \quad (11.8)$$

5.

Напорные воды притекают к артезианской скважине со всех сторон в пределах мощности водоносного пласта m . Под напором вода в скважине поднимается и устанавливается выше кровли водоносного горизонта. При откачке воды из совершенной скважины на величину S вокруг скважины образуется условная депрессионная воронка радиусом R , аналогично депрессии грунтового колодца (рис. 11.3).

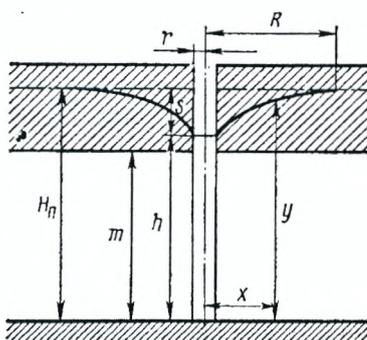


Рисунок 11.3 – Приток напорной воды к совершенной скважине

Принимаем, что $F = 2 \cdot \pi \cdot x \cdot m$, а $J = \frac{dy}{dx}$, тогда, по закону

Дарси:

$$Q = k_f \cdot F \cdot J = 2 \cdot \pi \cdot x \cdot m \cdot k_f \cdot \frac{dy}{dx} \quad (11.9)$$

где m – мощность напорного водоносного пласта, м.

Сгруппировав переменные и проинтегрировав уравнение (11.9) для x от r до R , а для y соответственно от h до H_n :

$$Q = 2 \cdot \pi \cdot k_f \cdot m \cdot \frac{H_n - h}{\ln(R) - \ln(r)} \quad (11.10)$$

где H_n – высота пьезометрического напора, м.

Заменяя натуральные логарифмы десятичными, π – числовым значением и учитывая, что $H_n - h = S$, получим:

$$Q = 2,73 \cdot k_f \cdot m \cdot \frac{S}{\lg(R) - \lg(r)} \quad (11.11)$$

6.

При интенсивной откачке динамический уровень, т.е. уровень воды в скважине, может опуститься ниже кровли водоносного пласта (рисунок 11.4). В этом случае скважины или колодцы называют напорно-безнапорными (грунтово-артезианскими).

Дебит напорно-безнапорных скважин рассчитывают по формуле:

$$Q = 1,366 \cdot k_f \cdot \frac{(2 \cdot H_n - m) \cdot m - h^2}{\lg(R) - \lg(r)} \quad (11.12)$$

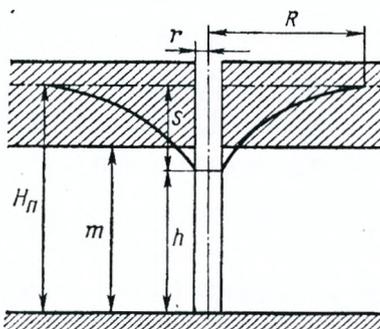


Рисунок 11.4 – Приток напорной воды к напорно-безнапорной скважине

7.

В несовершенных скважинах различают два вида несовершенства: 1) по степени вскрытия; б) по характеру вскрытия водоносного пласта (рисунок 11.5).

Первый вид несовершенства зависит от соотношения длины рабочей части скважины (l) и мощности водоносного пласта (H или m). Для несовершенных скважин l всегда меньше H или m . Второй вид несовершенства определяется конструкцией фильтра (диаметр отверстия в фильтре, их количество на 1 м и т.д.).

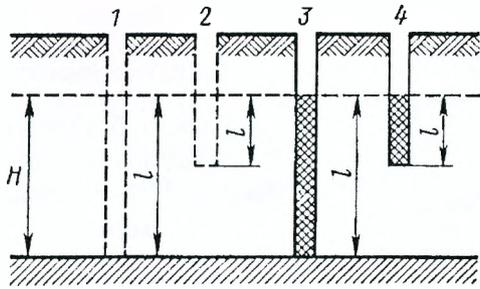


Рисунок 11.5 – Типы скважин по степени и характеру вскрытия

Оба вида несовершенства вызывают дополнительное фильтрационное сопротивление при поступлении воды.

- 1 – совершенная;
 2 – несовершенная по степени вскрытия;
 3 – несовершенная по характеру вскрытия;
 4 – несовершенная по степени и характеру вскрытия

8.

Дебит несовершенной скважины всегда меньше дебита совершенной скважины.

В практических расчетах, когда $\frac{l}{H, m} > 0,1$, используются формулы Дюпюи с учетом поправки на

несовершенство скважин:

- для безнапорных вод:

$$Q = 1,366 \cdot k_f \cdot \frac{(2 \cdot H - S) \cdot S}{\lg \frac{R}{r} + 0,217 \cdot \zeta}, \quad (11.13)$$

- для напорных вод:

$$Q = 2,73 \cdot k_f \cdot m \cdot \frac{S}{\lg \frac{R}{r} + 0,217 \cdot \zeta}, \quad (11.14)$$

где Q – дебит несовершенной скважины, м³/сут;

ζ – показатель дополнительного фильтрационного сопротивления.

Величина ζ определяется как:

$$\zeta = \zeta_1 + \zeta_2, \quad (11.15)$$

где ζ_1 – дополнительное сопротивление, определяемое неполнотой вскрытия пласта;

ζ_2 – дополнительное сопротивление, определяемое характером вскрытия водоносного пласта.

9.

Удельный дебит скважин – дебит, который дает скважина на 1 м понижения воды, т.е.:

$$q = Q / S. \quad (11.16)$$

Скважина обладает достаточно хорошей водообильностью, если удельный дебит скважины превосходит 7,2 м³/ч (или 2 л/с). Удельный дебит дает большую информацию о водообильности скважин, чем дебит.

Удельный дебит скважин находится на основании формул Дюпюи:

- для безнапорных вод:

$$q = \frac{\pi \cdot k_f \cdot (2 \cdot H - S)}{\ln(R) - \ln(r)}, \quad (11.17)$$

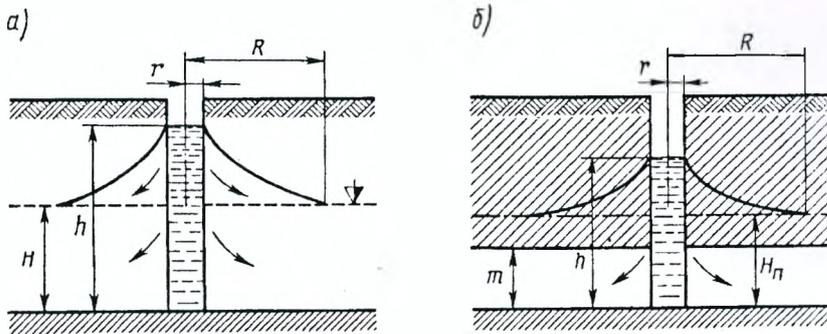
- для напорных вод:

$$q = \frac{2 \cdot \pi \cdot k_f \cdot m}{\ln(R) - \ln(r)}. \quad (11.18)$$

10.

Назначение поглощающего колодца (скважины, шурфа и др.): 1) сброс с поверхности сточных вод; 2) пополнение запасов подземных вод путем закачки в него воды; 3) оценка водопоглощения неводоносных пород.

Поглощать воду могут безводные (сухие) водопроницаемые слои и водоносные горизонты (напорные и безнапорные). При поглощении воды колодцем вокруг него образуется воронка поглощения, обращенная выпуклостью вниз (рисунок 11.6).



а) в грунтовых; б) в напорных водах;

Рисунок 11.6 – Поглощающий колодец

Дебит поглощающих колодцев определяется по формулам:

- для безнапорных вод:

$$Q = \frac{\pi \cdot k_f \cdot (h^2 - H^2)}{\ln(R) - \ln(r)}, \quad (11.19)$$

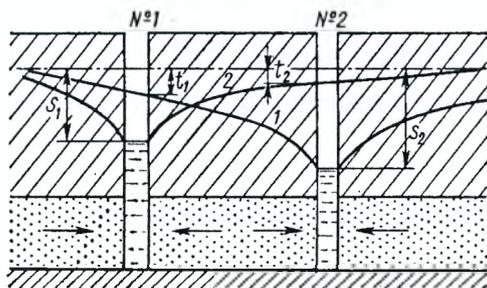
- для напорных вод:

$$Q = \frac{2 \cdot \pi \cdot k_f \cdot (h - H)}{\ln(R) - \ln(r)}, \quad (11.20)$$

где h – высота столба воды в колодце, отсчитываемая от подошвы водоносного пласта, м.

11.

Под **взаимодействием водозаборов** понимают влияние откачки воды из одного водозаборного сооружения на другие. Это наблюдается в групповых подземных водозаборах. Групповые водозаборы проектируют для эксплуатации больших по площади водоносных пластов, для получения значительных дебитов и т.д. Скважины группового водозабора располагают в виде линейных рядов или в шахматном порядке. Одновременная откачка из всех скважин группового водозабора может вызвать смыкание воронок депрессии, образование общей зоны понижения уровня подземных вод.



1, 2 – депрессионные воронки

Рисунок 11.7 – Взаимодействующие скважины 100-200 м; гравийно-галечных песках – 150-300 м.

Суммарный дебит взаимодействующих скважин всегда меньше, чем сумма дебитов тех же скважин, работающих поодиночке. При расстоянии скважин друг от друга меньше $2R$ происходит значительное снижение дебита или срезка уровня. В связи с этим при проектировании взаимодействующих водозаборов расстояние между ними должно быть более $2R$. Оптимальными расстояниями между скважинами в грунтах являются: в мелкозернистых песках – 50-100 м; среднезернистых песках – 80-150 м; крупнозернистых песках – 100-200 м; гравийно-галечных песках – 150-300 м.

12.

Суммарный дебит взаимодействующих скважин определяется по формуле Форхгеймера:

$$Q_n = \frac{\pi \cdot k_f \cdot (H^2 - y^2)}{\ln(R) - \ln \sqrt{x_1 \cdot x_2 \cdot \dots \cdot x_n}}, \quad (11.21)$$

где H – мощность безнапорного пласта, м; y – высота пониженного уровня воды в любой точке линейного ряда скважин, считая от подошвы водоносного пласта, м; R – радиус влияния группы взаимодействующих скважин, м; n – число скважин; x_1, x_2, \dots, x_n – расстояние от точки, для которой определяется понижение, до соответствующих скважин, м.

Дебит одной из взаимодействующих скважин определяется по формуле Альтовского:

$$Q^i = q^i \cdot S = q^i \cdot (1 - \sum a) \cdot S, \quad (11.22)$$

где S – заданное понижение уровня воды в скважине, м;

$\sum a$ – суммарный коэффициент снижения дебита скважины, т.е. сумма коэффициентов снижения дебита скважин, оказывающих влияние на дебит данной скважины.

13.

Шахтные колодцы применяют при эксплуатации малodeбитных водоносных пластов при их глубине не более 30-40 м. Они обладают большой поверхностью водоприемной части и характеризуются небольшой скоростью воды при ее откачке.

Вода в колодец поступает несколькими способами: 1) через дно; 2) через стенки; 3) через дно и стенки.

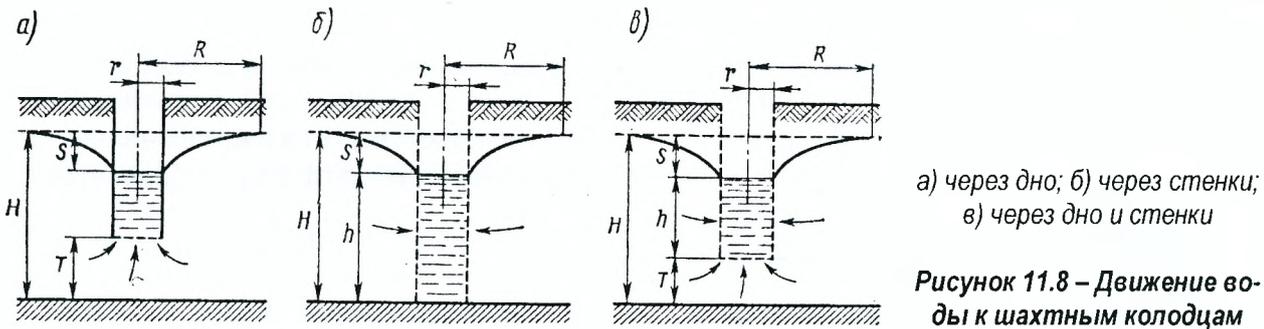


Рисунок 11.8 – Движение воды к шахтным колодцам

Приток воды к шахтному колодцу, работающему своим дном, определяется по формуле:

$$Q = \frac{2 \cdot \pi \cdot k_f \cdot S \cdot r}{\frac{\pi}{2} + \frac{r}{T} \cdot \left(1 + 1,18 \cdot \lg \frac{R}{4 \cdot H}\right)} \quad (11.23)$$

где Q – дебит колодца, м³/сут; k_f – коэффициент фильтрации, м/сут; S – понижение уровня воды в колодце при откачке, м; r – радиус колодца, м; H – мощность безнапорного водоносного пласта, м; R – радиус влияния колодца, м; T – расстояние от дна колодца до водоупора, м.

При $\frac{R}{H} < 10$ дебит шахтного колодца в напорных водах определяют следующим образом:

$$Q = 4 \cdot k_f \cdot r \cdot S \quad (11.24)$$

Приток воды к колодцу, работающему своими стенками, определяют по формулам Дюпюи для водозаборных скважин.

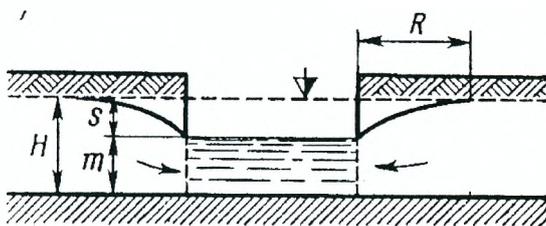
Приток воды к шахтному колодцу, работающему своим дном и стенками, одновременно находят по формуле:

$$Q = \frac{\pi \cdot k_f \cdot (2 \cdot H - S) \cdot S}{\ln(R) - \ln(r)} + \frac{2 \cdot \pi \cdot k_f \cdot S \cdot r}{\frac{\pi}{2} + \frac{r}{T} \cdot \left(1 + 1,18 \cdot \lg \frac{R}{4 \cdot H}\right)} = \pi \cdot k_f \cdot S \cdot \left[\frac{2 \cdot H - S}{\ln(R) - \ln(r)} + \frac{2 \cdot r}{\frac{\pi}{2} + \frac{r}{T} \cdot \left(1 + 1,18 \cdot \lg \frac{R}{4 \cdot H}\right)} \right] \quad (11.25)$$

14.

Горизонтальные водозаборы применяют при неглубоком залегании пласта (до 8-10 м) и небольшой его мощности. Применение горизонтальных водозаборов целесообразно при вскрытии безнапорных трещинных вод, грунтовых вод на склоновых участках и т.д.

При расчете притока воды необходимо учитывать, что горизонтальные водозаборы могут быть совершенными и несовершенными, принимать воду с двух или одной сторон, вскрывать напорные и безнапорные воды.



Дебит безнапорных вод к горизонтальному водозабору (рисунок 11.9) определяют по формулам Дарси-Дюпюи:

$$q = k_f \cdot \frac{H^2 - m^2}{2 \cdot R} \quad (11.26)$$

$$Q = q \cdot L \quad (11.27)$$

Рисунок 11.9 – Движение безнапорных вод к горизонтальному совершенному водозабору

$$Q = L \cdot k_f \cdot \frac{H^2 - m^2}{2 \cdot R}, \quad (11.28)$$

где Q – приток горизонтального водозабора с одной стороны, м³/сут;
 q – единичный приток воды к водозабору, м²/сут.

При двухстороннем притоке воды к водозабору величина дебита удваивается.

15.

Схема к расчету притока напорной воды к горизонтальному совершенному водозабору представлена на рисунке 11.10.

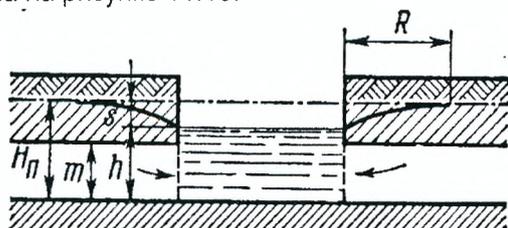


Рисунок 11.10 – Движение напорных вод к горизонтальному совершенному водозабору

Дебит напорных вод к горизонтальному водозабору определяют также по формулам Дарси-Дююи:

$$q = k_f \cdot m \cdot \frac{H_n - h}{R}, \quad (11.29)$$

$$Q = q \cdot L, \quad (11.30)$$

$$Q = L \cdot k_f \cdot m \cdot \frac{H_n - h}{R}. \quad (11.31)$$

При двухстороннем притоке воды к водозабору величина дебита удваивается.

16.

При отрывке котлованов, ликвидации аварий на действующих коллекторах и других сооружениях, а также при подтоплении застроенной территории возникает необходимость в защите от подземных вод. С этой целью проводят понижение уровня подземных вод.

Выбор способа понижения зависит от: 1) характера сооружения; 2) размера осушаемой территории; 3) геологических условий; 4) гидрогеологических условий; 5) источника питания грунтовых вод; 6) продолжительности водопонижения.

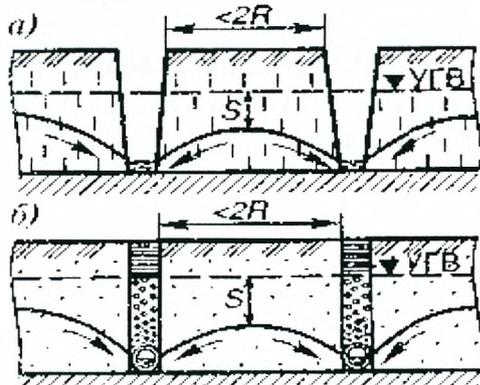
Временное понижение уровня подземных вод (на период строительства) называют **строительным водопонижением**, длительное водопонижение (обычно несколько лет и более) – **дренажом**.

Различают естественный и искусственный дренаж. При естественном дренаже осушение местности происходит путем естественного стока подземных вод в понижениях (долины, реки, впадины). При искусственном дренаже уровень подземных вод снижается путем сбора и отвода воды специально построенными дренами. Дрены могут быть совершенными и несовершенными. Совершенными дренами являются дрены, которые прорезают весь водоносный слой и лежат на водоупоре. Несовершенные дрены располагаются в водоносном слое и до водоупора не доходят.

При дренировании грунтовых вод различают следующие типы дренажей: 1) горизонтальный; 2) вертикальный; 3) комбинированный.

Горизонтальный дренаж обеспечивает понижение уровня отводом воды с помощью канав (траншей), подземных галерей и других горизонтальных дрен.

Отток воды происходит самотеком. Для этого дренам придают необходимый уклон. Горизонтальный дренаж может быть открытым (осушительные каналы) и закрытым (трубчатые дрены в траншее) – рисунок 11.11.



а) открытые; б) закрытые

Рисунок 11.11 – Дренажные траншеи

Вертикальный дренаж обеспечивает понижение уровня подземных вод откачкой насосами или сбросом воды в нижележащие водопроницаемые породы. Вертикальный дренаж осуществляют с помощью водопонижительных скважин, иглофильтровых установок, поглощающих скважин и открытого водоотлива. Общей их чертой является вертикальное расположение водоприемных устройств. В сложных гидрогеологических условиях целесообразно применение различных технических средств для водопонижения.

Комбинированный дренаж объединяет вертикальные и горизонтальные дрены.

17.

В зависимости от расположения водопонижительных установок в плане по отношению зданий и сооружений различают следующие системы водопонижительных установок:

1) линейная. Эту систему водопонижительных установок используют для защиты вытянутых в плане выемок типа траншей;

2) кольцевая. Применяют при значительных размерах осушаемой зоны, когда линейно расположенные установки не в состоянии осушить водоносный пласт. В зависимости от требуемой глубины понижения и сложности гидрогеологических условий используют один или несколько контуров водопонижительных установок;

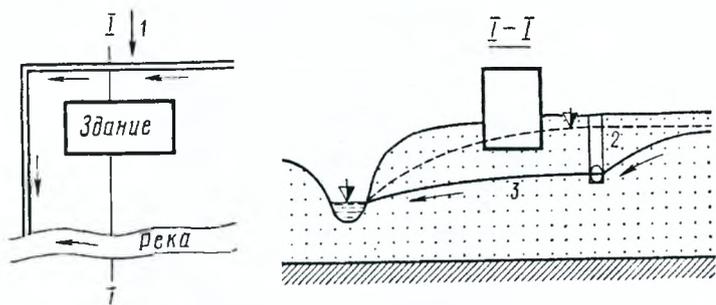
3) площадная. Предназначена для понижения уровня подземных вод в пределах всего осушаемого участка.

18.

При длительном водопонижении системы дренажных устройств также классифицируют в зависимости от их расположения и назначения. Выделяют дренажи: 1) головной; 2) береговой; 3) кольцевой;

4) систематический. Головной и береговой дренаж относятся к линейной системе водопонижительных устройств, кольцевой – к контурной, систематический – к площадной.

Головной дренаж предназначен для понижения уровня грунтового потока, питание которого осуществляется со стороны. Грунтовые воды перехватываются горизонтальными или вертикальными дренами, закладываемыми выше защищаемого участка (рисунок 11.12).

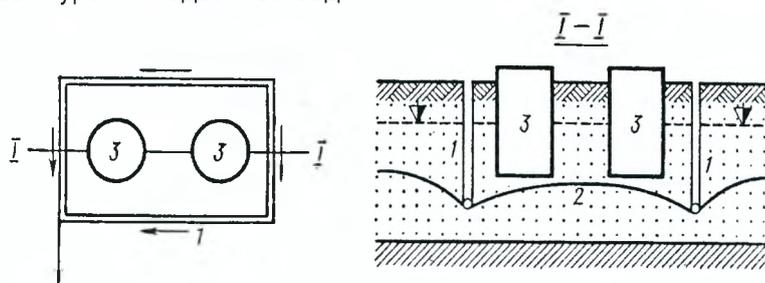


1 – направление потока грунтовых вод; 2 – головная дрена; 3 – сниженный уровень грунтовых вод

Рисунок 11.12 – Головной дренаж (план и разрез)

Береговой дренаж применяют для перехвата подземных вод в районах, расположенных вблизи открытых водотоков или водоемов. С его помощью отводят фильтрационный поток, движущийся в береговую зону со стороны реки в период паводка, при подъеме уровня воды в водохранилище и др.

Кольцевой дренаж проектируют для борьбы с подтоплением отдельных сооружений с глубокими фундаментами (рисунок 11.13). Он обеспечивает перехват воды по контуру защищаемого участка, помогает снизить напоры и уровни подземных вод.



1 – кольцевая дрена; 2 – сниженный уровень грунтовых вод; 3 – резервуары

Рисунок 11.13 – Кольцевой дренаж горизонтального типа

Систематический дренаж целесообразен для равномерного осушения равнинного участка с неглубоким залеганием подземных вод. Состоит из отдельных дрен, собирающих воду из грунта, и коллектора, отводящего воду за пределы дренируемой зоны.

ЛЕКЦИЯ № 12

«Режим и баланс подземных вод»

План лекции

1. Режим подземных вод в естественных условиях.
2. Влияние искусственных факторов на режим подземных вод.
3. Особенности режима подземных вод.
4. Баланс подземных вод.

1.

Режим подземных вод – изменение во времени их уровня, химического состава, температуры и расхода.

В естественных условиях на режим подземных вод влияют следующие факторы: 1) метеорологические; 2) гидрологические; 3) геологические.

Метеорологические факторы: осадки, испарение, температура воздуха, атмосферное давление и др. Они вызывают сезонные и годовые колебания уровней подземных вод. Сезонные колебания уровня обусловлены неравномерностью выпадения осадков и изменениями температуры воздуха в течение года. Максимальное понижение уровня происходит в период весеннего снеготаяния и осенних дождей. Наиболее низкое положение уровня наблюдается в конце лета – начале осени и в конце зимы. Разность между наивысшим и наименьшим уровнями называют максимальной амплитудой колебания уровня. Амплитуды колебаний не превышают 2,5-3,0 м, могут достигать 10-15 м. Многолетние колебания уровня связаны с ритмическими изменениями климата и приурочены к различным циклам.

Гидрологический режим рек влияет на положение уровней подземных вод и химический состав в полосе шириной от 0,2-0,5 км (в песчано-глинистых отложениях) до 2-6 км в хорошо проницаемых породах. Колебания уровня подземных вод в речной долине отражают колебания уровня реки. В районах морских побережий уровень грунтовых вод изменяется под действием приливов и отливов.

Геологические факторы: тектонические движения, внутренняя теплота земного шара, землетрясения, вулканизм, оползни, грязевые вулканы и др. В районах тектонических поднятий уровень подземных вод снижается, тектонических снижений – повышается. При землетрясениях появляются новые и исчезают старые источники подземных вод, существенно изменяется их химический и газовый состав. Вулканические явления сопровождаются выделением огромного количества тепла, изменением температуры.

Режим артезианских, карстовых и надмерзлотных вод в естественных условиях отличается от режима грунтовых вод. Артезианские воды по сравнению с грунтовыми имеют более постоянный уровень и химический состав. Влияние метеорологических факторов на их режим незначительно и наблюдается только в зонах питания и разгрузки. Карстовые воды отличаются резким изменением состава, уровня и расхода. Надмерзлотные воды меняют свой уровень и температуру в зависимости от температуры воздуха и глубины оттаивания деятельного слоя.

2.

Инженерно-строительная деятельность человека изменяет естественные условия и формирует искусственный или нарушенный режим подземных вод. Деятельность человека проявляется в повышении и в понижении уровня подземных вод, в изменении их химического состава и температуры.

Повышение уровня подземных вод наблюдается в случаях:

- при строительстве водохранилищ и других искусственных водоемов;
- при орошении территории;
- при утечке воды из подземных коммуникаций.

На орошаемых площадях вследствие просачивания оросительных вод уровень грунтовых вод повсеместно повышается, что приводит к увеличению испарения грунтовых вод и повышению их минерализации.

Утечка воды из подземных коммуникаций имеет место на территориях жилых районов, сложенных песчаными породами, и на участках промышленных сооружений.

Понижение уровня подземных вод вызывается факторами:

- осушением территорий;
- работой водозаборных сооружений;
- строительным водопонижением;
- устройством дренажа.

Искусственные факторы воздействуют на качество подземных вод. В силу различных причин минерализация, химический и бактериологический составы подземных вод с течением времени могут изменяться. Прежде всего, это отражается на оценке подземных вод для питьевого водоснабжения.

3.

Рядом особенностей обладает режим подземных вод в районе водозаборов, на полях фильтрации, орошения и других бассейнов.

Под влиянием водозаборов наблюдается не только снижение уровней подземных вод, но и отмечаются колебания, вызванные режимом работы водоотбора, типом эксплуатируемого водоносного горизонта. Это, в свою очередь, приводит к изменению физических свойств, химического и бактериологического состава подземных вод, что приводит к ухудшению их качества.

Режим грунтовых вод на полях орошения, фильтрации изменяется под комплексным воздействием естественных и искусственных факторов (атмосферные осадки, инфильтрация загрязненных сточных вод, искусственный дренаж и др.).

Круглогодичная подача сточных вод на поля орошения и фильтрации приводит к пополнению запасов грунтовых вод и к повышению их уровня. Под каналами и площадями орошения образуются куполообразные поднятия грунтовых вод. Наибольший подъем уровня отмечается на участках с низкими коэффициентами фильтрации грунтов и при значительном расстоянии между дренами.

4.

Под **балансом** подземных вод понимают соотношение между приходом и расходом подземных вод на данном участке за определенное время.

Режим и баланс подземных вод взаимосвязаны. Режим отражает изменение количества и качества подземных вод во времени, баланс – результат этого изменения. Баланс может составляться для крупных территорий или для отдельных участков. Участки, где проводятся измерения расхода и прихода подземных вод, называют балансовыми.

С помощью баланса характеризуют водообеспеченность района и возможности ежегодного пополнения запасов подземных вод, изучают причины подтопления территорий, прогнозируют изменение уровня подземных вод.

Для решения этих вопросов необходимы данные о составляющих баланса: приходных и расходных.

Приходная часть баланса складывается под влиянием естественных режимобразующих факторов и состоит из: 1) инфильтрации атмосферных осадков (А); 2) конденсации водяных паров (К); 3) подземного притока (П). Подземный приток включает: а) боковой приток (П₁); б) фильтрационные поступления из поверхностных водных источников (П₂); в) подток воды из нижележащего водоносного горизонта (П₃).

Расходная часть баланса складывается из испарения (И) и подземного стока (С). Испарение включает расход воды за счет испарения с поверхности грунтовых вод и транспирации воды растительностью. Подземный сток (С) может быть представлен боковым оттоком (С₁) и перетоком в нижележащий водоносный горизонт (С₂) (рисунок 12.1).

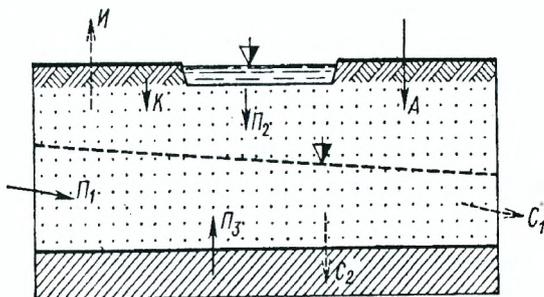


Рисунок 12.1 – Схема баланса грунтовых вод

Балансовое уравнение грунтовых вод для данного участка за время t имеет вид:

$$\Delta W = A + K + P_1 + P_2 + P_3 - I - C_1 - C_2, \quad (12.1)$$

где ΔW – изменение запасов грунтовых вод за время t .

При превышении прихода над расходом наблюдается подтопление территории, при обратном соотношении – осушение территории.

ЛЕКЦИЯ № 13

«Запасы подземных вод»

План лекции

1. Естественные запасы подземных вод.
2. Эксплуатационные запасы подземных вод.
3. Искусственное пополнение запасов подземных вод.
4. Истощение запасов подземных вод.
5. Загрязнение подземных вод.
6. Охрана подземных вод.

1.

Запасами подземных вод называют количество гравитационной воды, содержащейся в водоносных пластах. Запасы подземных вод определяют тип водозаборных сооружений, варианты их размещения, оптимальный режим работы и другие вопросы, связанные с их использованием для нужд водоснабжения.

Запасы подземных вод подразделяют на:

- естественные;
- эксплуатационные.

Естественные запасы подземных вод – объем гравитационной воды, который содержится в водоносных пластах в естественных условиях. Естественные запасы определяют как:

$$Q_{ест.} = Q_{ст.} + Q_{упр.} + Q_{дин.}, \quad (13.1)$$

где $Q_{ест.}$ – естественные запасы подземных вод, м³/сут; $Q_{ст.}$ – статические запасы подземных вод, м³/сут; $Q_{упр.}$ – упругие запасы подземных вод, м³/сут; $Q_{дин.}$ – динамические запасы подземных вод, м³/сут.

Статические и упругие запасы характеризуют объем гравитационной воды в порах и трещинах водоносных пород. Упругие запасы – количество воды, извлеченное из напорного водоносного пласта без его осушения за счет упругих свойств воды и горных породах при понижении уровня.

Динамические запасы – расход подземных вод, протекающих через водоносный пласт. Динамические запасы в процессе круговорота воды на Земле постоянно возобновляются. Их определяют по формуле Дарси:

$$Q_{дин.} = k_f \cdot h_{cp} \cdot B \cdot I, \quad (13.2)$$

где k_f – коэффициент фильтрации, м/сут; h_{cp} ,

B, I – средняя мощность, ширина и уклон потока подземных вод.

С учетом величины модуля подземного стока динамические запасы определяют по формуле:

$$Q_{дин.} = \gamma \cdot F_{п}, \quad (13.3)$$

где γ – модуль подземного стока, л/с; $F_{п}$ – площадь области питания подземных вод, км².

Модуль подземного стока – количество воды, стекающее в реку в единицу времени с единицы площади водоносного горизонта.

2.

Эксплуатационные запасы подземных вод – количество подземных вод, полученное в единицу времени из водоносного горизонта рациональными в технико-экономическом отношении водозаборами без прогрессирующего снижения дебита и ухудшения качества воды в течение всего расчетного срока водопотребления.

В период эксплуатации водозаборных сооружений происходит сработка естественных запасов и понижение уровня подземных вод. Пополнение этих запасов возможно за счет дополнительных или привлекаемых запасов.

Дополнительное пополнение запасов подземных вод при действии водозаборов может происходить за счет: 1) поступления воды из соседних областей питания в результате смещения подземного водораздела грунтовых вод; 2) фильтрации из поверхностных водотоков и водоемов; 3) увеличения инфильтрационного питания вследствие понижения уровня грунтовых вод и уменьшения интенсивно-

сти испарения; 4) перетекания воды из соседних водоносных горизонтов, в результате перераспределения напоров подземных вод при эксплуатации водозаборов; 5) привлечения поверхностного родникового стока.

В формировании эксплуатационных запасов существенную роль играют искусственные запасы, создаваемые путем инфильтрации воды с поверхности земли при устройстве искусственных сооружений (поглощающие скважины, оросительные системы и т.п.).

Количество эксплуатационных запасов можно определить как:

$$Q_{\text{эк.}} = Q_{\text{ст.}} + \frac{Q_{\text{ст.}}}{T} + \frac{Q_{\text{инт.}}}{T} + Q_{\text{ст.}} + Q_{\text{иск.}}, \quad (13.4)$$

где $Q_{\text{ст.}}$ – дополнительные или привлекаемые запасы в процессе эксплуатации;

$Q_{\text{иск.}}$ – искусственные запасы; T – расчетный срок водопотребления.

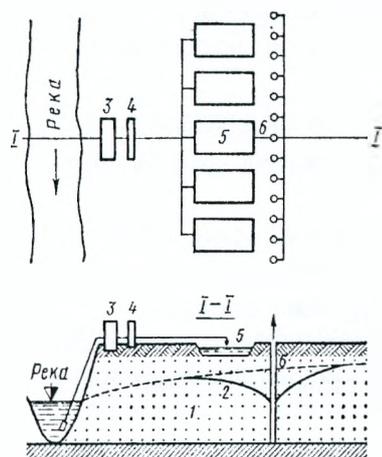
3.

Искусственное пополнение запасов заключается в переводе поверхностного стока в подземный. Общая схема работ по искусственному пополнению заключается в следующем. Вода из поверхностных источников подается к инфильтрационным сооружениям, построенным в районе водозаборов (рис. 13.1).

Из одних сооружений (бассейны, каналы и др.) вода свободно инфильтруется, из других (скважины, колодцы) нагнетается в водоносные пласты, где смешивается с подземными водами. Водозабор из источников пополнения осуществляется с помощью шахтных колодцев и лучевых водозаборов.

Возможность применения искусственного пополнения подземных вод определяется комплексом факторов природных, технических, санитарных и др. Для успешного применения необходимо: 1) достаточная мощность (10-20 м); 2) хорошо водопроницаемый ($k_f = 3-5$ м/сут), желательно, однородный слой.

В настоящее время для пополнения подземных вод используют как обычные поверхностные, так и сильно загрязненные речные и сточные воды. После очень тщательной предварительной очистки они просачиваются из фильтрационных бассейнов в водоносные пласты и затем используются для производственного водоснабжения.



1 – водоносные пески; 2 – депрессионная воронка; 3 – насосная станция; 4 – станции очистки воды; 5 – инфильтрационные бассейны; 6 – водозаборные скважины

Рисунок 13.1 – Схема искусственного пополнения подземных вод

4.

Истощение запасов подземных вод – сработка или уменьшение количества подземных вод в процессе эксплуатации водозабора без восполнения. Признаком истощения является прогрессирующее снижение динамических уровней эксплуатируемого водоносного горизонта, часто при постоянном расходе.

Причинами истощения запасов подземных вод являются:

- чрезмерный отбор подземных вод крупными водозаборами в условиях недостаточной обеспеченности питанием эксплуатируемого водоносного горизонта. Под влиянием длительной эксплуатации водозаборов подземных вод вокруг них образуются огромные депрессионные воронки (районные депрессии), с наибольшим понижением в центре;

- неконтролируемый бесхозяйственный самоизлив артезианских вод из скважин, родников, дренажных устройств.

К мерам борьбы с истощением относят: 1) регулирование режима водоотбора подземных вод; 2) рациональное размещение водозаборов по площади; 3) введение кранового режима эксплуатации самоизливающихся скважин.

5.

Загрязнение подземных вод – изменение качества, приводящее к превышению допустимых концентраций отдельных компонентов и общей минерализации воды, что делает воду непригодной для потребления.

Основными источниками загрязнения подземных вод являются: 1) бассейны бытовых и промышленных стоков; 2) участки складирования отходов; 3) загрязненные воды поверхностных водоемов; 4) неисправная канализационная сеть; 5) избыточное применение удобрений и ядохимикатов.

Выделяют следующие виды загрязнений:

- химическое;
- бактериальное;
- радиоактивное;
- механическое;
- тепловое.

Химическое загрязнение – наиболее распространенное, стойкое и далеко распространяющееся. Может быть органическим (фенолы, ядохимикаты и др.) и неорганическим (соли, кислоты, щелочи); токсичным (мышьяк, соли ртути и др.) и нетоксичным. *Вредные химические вещества при фильтрации в пласте сорбируются частицами пород, окисляются и восстанавливаются, выпадают в осадок и т.д.* Наибольшее распространение химическое загрязнение достигает в сильно проницаемых грунтах и при значительных уклонах подземного потока.

Бактериальное загрязнение носит временный характер и выражается в появлении в подземных водах патогенных бактерий. Его интенсивность зависит от величины начального загрязнения, водопроницаемости грунтов и времени выживания бактерий.

Радиоактивное загрязнение. Радиоактивные элементы (стронций-90, уран, цезий, радий-226 и др.) проникают в подземные воды как в результате взаимодействия с радиоактивными горными породами, так и при выпадении на поверхности земли радиоактивных продуктов и отходов.

Тепловое загрязнение связано с повышением температуры подземных вод в результате их смешивания с более нагретыми поверхностными или технологическими сточными водами, при их закачке через поглощающие скважины.

Меры борьбы с загрязнением подземных вод. К мерам борьбы относят: 1) очистку сточных вод; 2) создание безотходных производств; 3) экранирование территорий промышленных предприятий; 4) дренаж промышленных сточных вод; 5) закачку токсичных промышленных вод в глубинные водоносные горизонты; 6) расположение водозаборов выше по потоку подземных вод по отношению к промышленному предприятию; 7) расположение водозаборов вдали от рек и морей; 8) создание вокруг водозаборов зон санитарной охраны.

6.

В гидрогеологии выделено новое направление, называемое **техногенная гидрогеология**. Техногенная гидрогеология изучает изменения в окружающей среде под влиянием длительной эксплуатации водохозяйственных систем. Основной проблемой является охрана подземных вод, в том числе их охрана от загрязнения и истощения.

Использование, сохранение и воспроизводство природных ресурсов и подземных вод регламентируется и находится под контролем государственных организаций.

В целях охраны пресных подземных вод запрещается их использование для нужд, не связанных с хозяйственно-питьевым водоснабжением. Поиски и разведка подземных вод для водоснабжения, а также бурение отдельных эксплуатационных на воду скважин производится только с разрешением территориальных геологических управлений и по согласованию с органами санитарного надзора.

ЛЕКЦИЯ № 14

«Природные геологические и инженерно-геологические процессы»

План лекции

1. Выветривание горных пород. Элювий и почвы.
2. Типы выветривания горных пород.
3. Мероприятия по борьбе с выветриванием.
4. Геологическая деятельность атмосферных вод. Понятие эрозии. Дэлювий и пролювий.
5. Эоловые песчаные и пылеватые отложения.
6. Образование оврагов.
7. Геологическая деятельность рек. Строение речных долин.
8. Виды аллювиальных отложений. Борьба с эрозией рек.
9. Геологическая деятельность ледников. Моренные отложения.
10. Водно-ледниковые отложения.
11. Геологическая деятельность моря. Строение морских берегов.
12. Разрушительная работа моря, борьба с разрушением берегов.
13. Морские отложения и их особенности.
14. Геологическая деятельность озер и водохранилищ.
15. Геологическая деятельность болот. Заболоченные земли.
16. Плывуны, истинные и ложные.
17. Борьба с плывунами.
18. Суффозионные явления.
19. Карстовые явления.
20. Сезонная и многолетняя мерзлота.

1.

Выветривание – изменение состава и разрушение горных пород, происходящие под воздействием факторов выветривания, постоянно действующих на поверхности Земли (колебание температур, замерзание воды, воздействие воды и кислот, растительных и животных организмов и т.д.).

Наиболее сильно выветривание проявляется у поверхности Земли. С глубиной процесс выветривания постепенно ослабевает и затухает. Глубина проникновения в толщу Земли процесса зависит от степени трещиноватости пород и глубины трещин. Проникновению в глубину выветривания способствует также инженерная деятельность человека.

Воздействие на толщу горных пород процесса выветривания приводит к образованию коры выветривания. Свойства коры зависят от степени выветрелости исходной породы, ее минерального состава и структуры. Степень выветрелости определяется отношением объемного веса образца выветрелого грунта к объемному весу невыветрелого образца того же грунта. В невыветрелых – $K_{вс} = 1$, в слабовыветрелых $1 > K_{вс} \geq 0,9$, в выветрелых $0,9 > K_{вс} \geq 0,8$ и в сильновыветрелых $K_{вс} < 0,8$. В ее состав входят продукты разрушения горных пород. Продукты выветривания горных пород, остающиеся на месте их образования, носят название элювия. Элювий – смесь обломков коренной породы и глинистого материала.

Почвы. В процессе выветривания и почвообразования на поверхности земной коры повсеместно, за исключением районов пустынь, формируются почвенные слои. Это особый вид элювия. Почвы представляют собой глинистые грунты, содержащие продукты разложения растений в виде гумуса. Мощность почвенного покрова 30-40 см; наибольшая – 2-3 м. Почвы легко размокают в воде и совершенно непригодны в качестве оснований зданий и сооружений.

2.

Выделяют следующие типы выветривания: 1) физическое; 2) химическое; 3) биологическое (органическое).

Физическое выветривание заключается в механическом дроблении пород без существенного изменения их минерального состава. Дробление происходит в результате колебания температур, замерзания воды, давления и т.д. В результате этих воздействий монолитная порода превращается в рыхлую

массу обломков, глыб, щебень, гравий, песок, т.е. в сыпучий материал. Термическое выветривание связано с неодинаковым температурным расширением различных минералов. Например, гранит состоит из кварца, полевого шпата и слюды, которые имеют: $\alpha_{\text{кв}} = 1,4 \cdot 10^{-4} \text{ см/10 см} > \alpha_{\text{п.шп.}} = 0,8 \cdot 10^{-4} \text{ см/10 см}$, т.е. различие почти в 2 раза. Оно усиливается и тем, что темные минералы – роговая обманка, биотит, авгит и другие нагреваются сильнее. В результате различного температурного расширения в породе возникают внутренние напряжения, которые ослабляют связи в первую очередь на границе зерен. Поэтому крупнозернистые породы разрушаются быстрее мелкозернистых.

Вода при замерзании увеличивается в объеме на 9-11% и развивает давление на породы до 240 МПа. Это явление носит название морозного выветривания. Некоторые породы разрушаются при переменном намокании и высушивании.

Химическое выветривание заключается в разрушении пород путем изменения их состава и растворения. Наиболее активными химическими реагентами являются вода, кислород, углекислота, органические кислоты. Различают следующие процессы химического выветривания: 1) растворение солей; 2) гидратация (присоединение воды, часто с увеличением объема); 3) окисление (наиболее интенсивно идет выше уровня грунтовых вод, т.е. в зоне аэрации. Окислению подвергаются сульфиды, силикаты, органические соединения и др.). Интенсивность химического выветривания зависит от площади воздействия воды и растворов, их температуры, а также от степени устойчивости пород. Интенсивности химического выветривания способствует дробление пород в результате механического выветривания. Химическое выветривание имеет распространение в условиях теплого и влажного климата.

Биологическое (органическое) выветривание проявляется в разрушении горных пород в процессе жизнедеятельности живых организмов и растений. Породы дробятся и подвергаются воздействию органических кислот. Живые организмы (землерои) активно разрушают горные породы; большое влияние оказывают бактерии и низшие растения (водоросли, мхи, лишайники), активно взаимодействующие с минералами горных пород, разрушают их, формируют минеральные новообразования.

3.

Существенную роль процессы выветривания оказывают на инженерно-геологические условия строительных площадок. Так, при возведении фундаментов кору выветривания необходимо прорезать до невыветрелой породы. Элювий можно использовать как несущее основание, если он имеет достаточную прочность.

Для предотвращения выветривания применяют различные способы: 1) покрытие горных пород непроницаемыми для выветривания материалами (бетон, жирная глина и т.д.); 2) пропитывание пород различными веществами (жидкое стекло, гудрон и т.д.); 3) нейтрализация факторов выветривания; 4) планировка территории для отвода воды (ливнестоки, нагорные канавы и т.д.); 5) покрытие строительных материалов и изделий лаками, красками, штукатуркой; 6) использование материалов, устойчивых к выветриванию.

4.

Ежегодно на земную сушу выпадает до 112 тыс. км³ атмосферных вод в виде дождя, снега и льда. Вода, растекаясь по поверхности в сторону уклона, разрушает горные породы, переносит и откладывает продукты разрушения. Такой вид геологической деятельности называется **эрозией**.

Эрозия может быть плоскостной и струйчатой. Плоскостная эрозия вызывается сплошным поверхностным водным потоком, струйчатая – отдельно движущимися струйками и ручьями. При этом плоскостная эрозия вымывает местность, смывая верхний плодородный слой почвы, струйчатая способствует образованию промоин, оврагов.

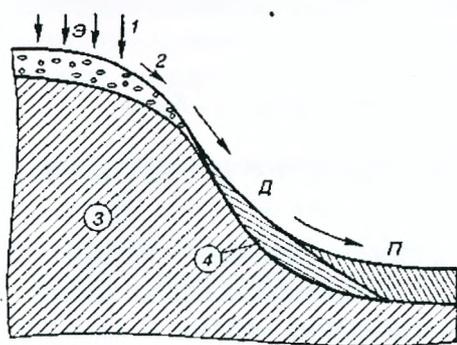
Любой вид эрозии формирует элювиальные отложения.

На склонах и у подошвы накапливается дэлювий (делювиальные отложения), в понижениях – пролювий (пролювиальные отложения).

Дэлювий разнообразен по составу. В горных и предгорных районах – суглинки, супеси и пески с включением щебня и крупных обломков скальных пород. На равнинах – суглинки, супеси, реже глины. Мощность делювия возрастает к основаниям склонов. Делювиальные отложения служат основанием для зданий и сооружений. Недостаток – способность к сползанию.

Пролювий – отложения неоднородного состава. В толщах пролювия суглинки и супеси могут переслаиваться с более крупнозернистым песком. Пролювий в виде отложений конусов выноса горных

рек накапливается у подножья гор, частично содержит делювиальный материал. Конусы выноса пролювия сливаются и образуют единую полосу наносов, окаймляющую подошву гор (предгорные шлейфы). Значительное количество пролювия образуется за счет временных грязекаменных потоков (селей).



Э – элювий; Д – дэлювий; П – пролювий; 1 – атмосферные осадки; 2 – плоскостной смыв; 3 – коренные породы; 4 – первоначальная поверхность склона

Рисунок 14.1 – Схема образования наносов на склоне рельефа

5.

Перенос частиц совершается ветром по воздуху (пыль) или путем перекачивания (ветром). При уменьшении скорости ветра происходит отложение переносимого материала (аккумуляция). Таким образом, образуются эоловые (ветровые) отложения. На картах эоловые отложения обозначаются (eol). Эоловые отложения – накопления песка и пыли.

Песчаные отложения. Песчаные накопления подразделяются на: 1) подвижные (дюны, барханы); 2) закрепленные (грядовые, бугристые).

Подвижные пески не закреплены корневой системой растений и под действием ветра легко перемещаются. Дюны – холмовидные накопления высотой 20-40 м, образованные по берегам рек и морей в результате навевания песка ветром возле какого-нибудь препятствия. Скорость движения дюн – 0,5-22 м/год. Барханы – серповидные накопления, высотой до 60-70 м при ширине крыльев в десятки и сотни метров. Возникают в пустынях. Подвижность от 5-6 до 50-70 м/год.

Причина перемещения песков – движение транспорта и работа землеройных машин. Строительство в районах подвижных песков требует таких специальных мероприятий, как посадка растительности, обработка поверхности различными растворами и веществами (битумом, цементом, жидким стеклом, глинистые суспензиями), установка щитов и т.д.

Закрепленные пески распространены в районах пустынь. Грядовые пески представляют собой вытянутые формы высотой 10-20 м; бугристые пески – неподвижные холмы с пологими склонами, высотой до 10 м. Их движение остановлено растительным покровом.

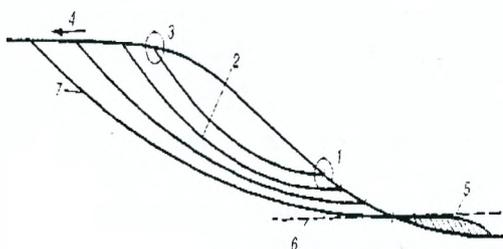
Пылеватые накопления характерны для полупустынь и степных районов. Современные пыльные бури образуют рыхлые наносы, легко размываемые водой.

6.

При таянии снега и дождя на склонах рельефа отдельные струйки образуют временные ручьи. Вследствие этого возникает струйчатая эрозия. Как итог – образуются вытянутые понижения рельефа, называемые **оврагами**.

Наиболее интенсивно возникают овраги в условиях расчлененного рельефа и сухого климата. Развитию оврагов способствует сложение склонов рыхлыми и способными к размыву породами, устройство неукрепленных водоотводящих канав, нарушение дернового покрова, вырубка растительности. Скорость роста оврагов зависит от активности водотоков и характера размываемых пород и колеблется от 0,5-1 до 40 м в год.

В овраге различают устье, ложе и вершину (рисунок 14.2).

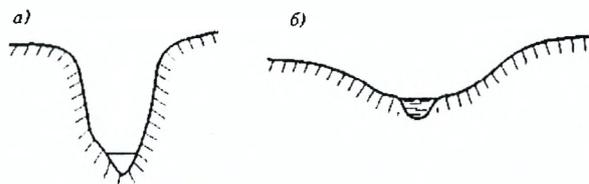


1 – устье; 2 – ложе; 3 – вершина; 4 – направление роста оврага; 5 – конус выноса; 6 – базис эрозии; 7 – максимальная глубина оврага

Рисунок 14.2 – Продольный разрез оврага

Овраг растет вершиной вверх по склону. Одновременно происходит его углубление и расширение за счет размыва склонов оврага. Предельной отметкой, до которой возможен размыв ложа оврага, является уровень бассейна, в который впадает водоток оврага. Этот уровень называют базисом эрозии.

Выделяют овраги: 1) активные (тот, который растет и развивается); 2) пассивные (балки) – рис. 14.3.



а) – активный овраг; б) – балка

Рисунок 14.3 – Поперечное сечение оврага

В месте выхода оврага к реке, озеру образуется овражный аллювий. Овражный пролювий представляет собой отложения, образованные вследствие размыва водой и переноса их к устью оврага.

Предотвратить появление и развитие оврагов можно профилактическими мерами. К ним относят: 1) запрет на распахивание склонов; 2) запрет на устройство необлицованных водоотводящих каналов; 3) запрет на вырубку на склонах растительности; 4) необходимость регулировки стока атмосферных вод нагорными канавами и водоотводящими валами; 5) вокруг оврагов производство посадки деревьев и кустарника; 6) при необходимости устройство подпорных стенок.

7.

Временные ручьи атмосферных осадков и подземные воды собираются в постоянные водотоки – **реки**. Площадь, с которой к реке стекает вода, называют **бассейном реки**.

На пути своего движения реки совершают геологическую работу – разрушают горные породы (эрозия), переносят (аккумуляция) продукты разрушения в растворенном виде, во взвешенном состоянии и перекачиванием обломков по дну.

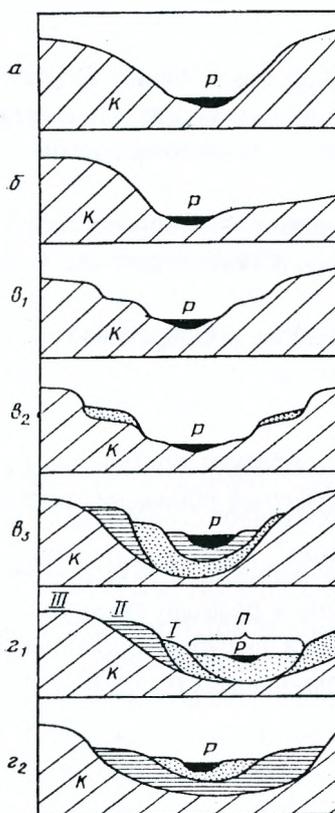


Рисунок 14.4 – Речные долины

В процессе эрозионной и аккумулятивной деятельности на поверхности земли реки создают корытообразные углубления, называемые **речными долинами**. Максимальное углубление долин зависит от базиса эрозии. **Базис эрозии** – уровень моря или каких-либо других бассейнов, куда впадает река. В горных реках преобладает донная эрозия (углубление), в степных – боковая эрозия (разлив берегов, расширение долин).

Долины рек разнообразны по формам, размерам, строению. Долины бывают симметричные и асимметричные (рис. 14.4). Речная долина состоит из русла, поймы и террас.

Пойменная терраса – часть долины, заливаемая водой в период паводка. Поймы бывают низкие, заливаемые ежегодно, и высокие, заливаемые один раз в 10-15 лет.

В реках различают следующие уровни воды:

1) расчетный горизонт высоких вод. Этот горизонт отвечает средним из наибольших уровней реки, наблюдавшихся в течение многих лет;

2) наивысший горизонт высоких вод. Выше этого уровня по многолетним наблюдениям вода не поднималась;

3) меженный горизонт – низкий уровень воды.

а – симметричные; б – несимметричные; б₁ – террасы эрозионные; б₂ – цокольные; б₃ – аккумулятивные; z₁ – вложенные; g₂ – наложенные; П – пойменная; I, II, III – надпойменные; р – русло реки; к – коренные породы

Русло – часть долины, занятая водным потоком. Поперечный разрез потока называют живым сечением.

Террасы – уступы в долинах рек. Террасы бывают поперечные и продольные. Поперечные террасы располагаются поперек долины и порождают водопады. Причина их появления – пересечение рек

пород высокой прочности. Продольные террасы располагаются вдоль склонов долин в виде практически горизонтальных площадок. Их называют надпойменными. Продольные террасы по происхождению подразделяют на: 1) эрозионные; 2) цокольные; 3) аккумулятивные. Эрозионные террасы вымываются рекой в коренных породах долины. В случае, когда эрозионные террасы перекрыты маломощным аллювием, их называют цокольными. Аккумулятивные террасы полностью сложены из аллювиального материала. Аккумулятивные террасы бывают вложенные и наложенные.

8.

Аллювиальные отложения (al) – речные отложения, сложенные продуктами разрушения. В их состав входят глыбы, валуны, галечник, гравий, пески, суглинки, глины, илы и органический материал. Мощность колеблется от нескольких метров до десятков метров.

По месту накопления речные отложения разделяют на дельтовые, русловые, пойменные и старичные.

В дельтах накапливаются песчано-глинистые осадки. Материал, откладываемый в руслах рек, называют русловым аллювием. Русловой аллювий состоит из песков, галечника, гравия, валунов. Пойменный аллювий откладывается в период паводка и состоит из суглинков, супесей, глин и мелкозернистых песков с органическим материалом. Старицы представляют собой изолированные части старых русел рек, в которых вода стоит, как в озерах. На дне стариц откладываются богатые органическим веществом илы. Эти отложения называют старичным аллювием.

Речные долины служат местом активной производственной деятельности человека. Древний пойменный аллювий в виде суглинков и глин твердой консистенции является хорошим основанием. Современный пойменный аллювий обладает высокой влажностью, имеет низкую несущую способность.

Для зданий и сооружений, возведенных в речных долинах, подмыв берегов и террас, а также углубление дна реки представляет значительную опасность, т.к. эти процессы приводят к обрушению берега, появлению оползней, обвалов и других нежелательных явлений.

С боковой эрозией наиболее эффективна борьба с помощью укрепления берегов и регулирования течения реки. В зависимости от геологического строения берега, характера и места размыва, укрепление проводят устройством набережных, подпорных стенок, укладкой железобетонных плит и т.д. Иногда интенсивная эрозия заставляет переносить здания и сооружения подальше от берега.

Донная эрозия наиболее опасна опорам мостов и особенно в период ледостава и ледохода. Поэтому сооружения, расположенные на затопливаемых поймах, необходимо защищать земляными дамбами, отсыпкой камня и другими способами, позволяющими нейтрализовать эрозионную силу паводкового потока.

9.

Ледники занимают 10% поверхности всей суши. При этом 98,5% ледниковой поверхности приходится на полярные области и 1,5% – на высокогорные районы.

В зависимости от местоположения различают три типа ледников – горные, плоскогорные и материковые. Горные ледники образуются высоко в горах и располагаются на вершинах, в ущельях, впадинах и различных углублениях. Лед образуется за счет перекристаллизации снега. Плоскогорные ледники образуются в горах с плоскими вершинами. Лед залегают сплошной нераздельной массой. Материковые ледники характеризуются залеганием льдов в виде сплошного покрова мощностью до 4 км и более.

Геологическая деятельность льда обусловлена его движением. При своем движении ледник истирает и вспахивает поверхность земли, формируя котловины, рывины и борозды. Эта разрушительная работа совершается под действием силы тяжести льда. Двигаясь по поверхности земли, ледники захватывают обломки пород путем вмораживания в лед. Таким образом, обломочный материал передвигается вместе с ледниками. По окончании движения и таяния ледника образуются значительные по мощности накопления масс обломков, называемые **ледниковыми отложениями (gl)**. Среди них различают морены и флювиогляциальные отложения.

Обломочный материал, который находится в движении с ледниками или уже отложился, называется **мореной**. Морены представляют собой грубый неотсортированный и неслоистый обломочный материал, принесенный и отложенный непосредственно ледником. Чаще всего это крупнообломочный материал, а также валунные опесчаненные красно-бурые суглинки и глины или разномасштабные глинистые пески с валунами. При этом из отложившихся материалов формируются береговые и конечные

морены, а из движущегося – поверхностные, внутренние и донные морены. Морены залегают покровами и могут иметь мощность до десятков метров.

По условиям образования морены делят на основные (донные), абляционные и конечные. Основные сложены смешанными частицами глины, пыли и песка. Их мощность может достигать до 3-5 десятков метров, и они могут образовывать равнины с холмистым рельефом. Абляционные морены иногда бывают рыхлыми за счет повышенного содержания песчаных фракций. Конечноморенные образования слагают возвышенности и гряды высотой до 100 м.

Моренные отложения наиболее характерный генетический тип ледниковых отложений в Беларуси.

10.

При таянии ледника образуются постоянные потоки талых вод, которые размывают моренные отложения. Вода подхватывает материал размываемых морен, выносит за пределы ледника и откладывает в определенной последовательности. Вблизи границ ледника остаются крупные обломки; дальше осаждаются пески и еще дальше – глинистый материал. Все эти отложения получили название **флювиогляциальных** (*fg*). При наступлении или отступлении ледника последовательно смещаются зоны накопления флювиогляциального материала по его крупности.

Флювиогляциальные отложения отличаются сравнительной отсортированностью и слоистостью. Представлены песками, гравием, галечником, глинами и покровными суглинками.

Флювиогляциальные отложения создают характерные формы рельефа – озы, камы и зандровые поля. Озы – накопления песка и гравия в виде узких валов. Камы – беспорядочно разбросанные холмы, состоящие из слоистых отсортированных песков, супесей, суглинков с примесью гравия и прослоев глины. Зандровые поля – широкие пологоволнистые равнины, расположенные за краем моренных отложений.

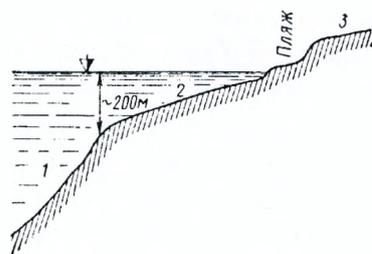
Флювиогляциальные отложения со строительной точки зрения уступают моренным глинистым грунтам по прочности, но являются надежным основанием.

11.

В морских бассейнах происходят сложные процессы энергичного разрушения берегов, перемещения продуктов разрушения, отложения осадков и формирования из них осадочных горных пород.

Вследствие тектонических колебаний земной коры моря перемещаются. В одних местах берег отступает и населенные пункты заметно удаляются от моря. На других участках море наступает, берег погружается в воду и энергично размывается. Эти явления получили наименования трансгрессии (наступление) и регрессии (отступление) моря.

При инженерно-геологических исследованиях на морских берегах основное внимание уделяется движению моря и устойчивости берегов. В зависимости от задач исследованиям может подвергаться также прибрежная (подводная) часть моря, называемая шельфом (до глубины 200 м). Эта зона окаймляет сушу полосой различной ширины и представляет собой подводное продолжение континентов (рисунки 14.5).



1 – материковый склон;
2 – шельф; 3 – терраса
Рисунок 14.5 – Схема строения морского берега

В районе шельфа обломочные горные породы формируются как за счет продуктов разрушения берегов, так и за счет привноса материала ветром и особенно реками. В результате разрушения берегов образуются волноприбойные морские террасы. Террасы могут располагаться выше пляжа или находится под водой. Террасы выше пляжа показывают поднятие берега и отступление береговой линии в сторону моря. Подводные террасы свидетельствуют о наступлении моря и опускания берега ниже уровня моря. Современная терраса располагается в прибрежной полосе. Верхняя часть террасы выступает над водой в виде пляжной полосы. Пляж – часть берега, перекрываемая максимальной волной или приливом.

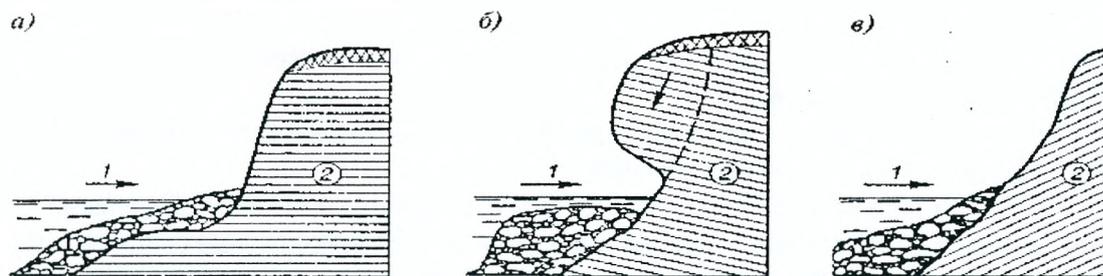
12.

Геологическая деятельность моря проявляется в процессах абразии. Абразия – разрушение горных пород, дна и берегов. Основную разрушительную работу совершает морской прибой. В меньшей мере этому способствуют прибрежные и донные течения, а также приливы и отливы.

При морском прибое на берег постоянно действуют волны. Под силой удара морские берега разрушаются, образуются обломки пород, которые подхватываются волнами и «бомбардируют» берега.

В результате подмыва морские берега разрушаются со скоростью от 3-5 см до 4-15 м в год. Характеристики разрушения берега зависят от характера напластования пород, происхождения и вида пород, слагающих берег, интенсивности и направления дующих ветров, особенностей движения водных потоков и т.д.

На рисунке 14.6 приведена схема устойчивости морского берега в зависимости от напластования пород. Быстрее всего разрушаются берега, сложенные осадочными отложениями (суглинки, пески и т.д.). Наиболее быстро разрушаются берега, имеющие угол падения слоев от моря, и менее быстро – с углом падения в сторону моря, когда волны скользят по поверхности слоев, причиняя им незначительные разрушения. Достаточно устойчивы берега с горизонтальным залеганием слоев. Разрушительные работы оказывают морские течения (прибрежные и донные), приливы и отливы.



1 – относительно устойчивый; 2 – неустойчивый; 3 – устойчивый

Рисунок 14.6 – Устойчивость берегов в зависимости от напластования пород

Для укрепления берегов в борьбе с абразией используют следующие способы:

- строительство берегоукрепительных сооружений. Их подразделяют на пассивные (волноотбойные стенки) и активные (буны, волноломы и тетраподы);
- создание полосы пляжа.

13.

Осадки в морях осадки распределяются довольно закономерно. У берегов накапливается грубообломочная масса (галечники, крупные пески и т.д.); в зоне шельфа – пески различной крупности; глубже – преобладает глинистый материал.

На плоских берегах, за пляжной зоной формируются береговые валы из гальки, песка, битой ракушки. Валы возникают на расстоянии наибольшего набегания волн на низкие берега. Между валами и берегом располагаются пляжные отложения – пески, илы, гравий, реже галечник.

Морские отложения распространены в виде отложений большой мощности и различного литологического состава. Древние морские отложения на суше принято называть коренными породами.

Древние отложения являются хорошим основанием под сооружения. Однако в этих породах могут присутствовать вредные примеси (пирит, водорастворимые соли и т.д.). Глубоководные глины находятся в переуплотненном состоянии, в крутых откосах в них могут возникнуть оползневые явления. Надежным основанием служат пески, галечники и породы обломочного происхождения. К слабым грунтам относят мощные толщи современных прибрежных илов.

14.

Озера и водохранилища совершают геологическую работу разрушительного и созидательного характера. Разрушительная работа озер проявляется в абразионной деятельности волн, нагоняемых ветром. Волны действием прибоя подмывают берега и создают террасы. Каждое поднятие или опускание уровня воды в озерах вызывает абразионные процессы. Все изменения уровня воды обуславливаются либо тектоническим движением земной коры, либо производственной деятельностью человека.

Для борьбы с разрушительной работой озер проектируются волноотбойные и подпорные стенки, волноломы и буны.

Созидательная работа озер заключается в формировании озерных отложений. Озерные отложения – комплекс различных накоплений обломочного, химического и органического происхождения. В озерах формируются также специфические образования: сапрпель, торф, озерный мергель, озерный мел и трепел.

Водохранилища, в отличие от озер, имеют искусственное происхождение, но по своим размерам они не уступают самым крупным озерам. В них наблюдается интенсивная абразионная работа по выработке нового профиля берега и размыву береговой линии, т.е. разрушение и переработка берегов. Эта работа часто создает угрозу жилым кварталам поселков и городов, промышленным и транспортным сооружениям.

Переработка берегов зависит от морфологии склонов, их геолого-литологического строения и свойств пород, слагающих их.

Созидательная работа водохранилищ заключается в формировании и накоплении осадков обломочного происхождения, дельтовых отложений рек и делювиально-пролювиальных осадков. В литологическом отношении отложения водохранилищ представлены илами, суглинками, глинами и т.д.

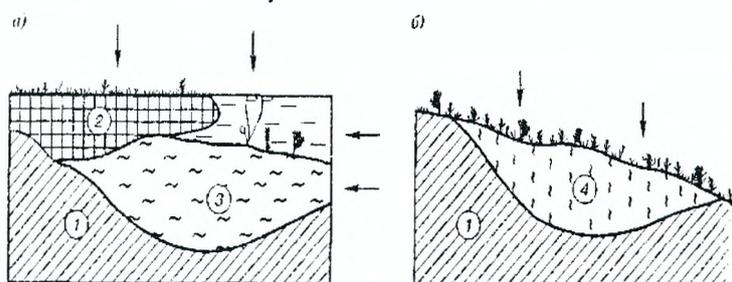
Для защиты берегов целесообразно применять различного рода покрытия из камня, асфальта и железобетонных плит.

15.

Болота – избыточно увлажненные участки земной поверхности с развитой на них болотной растительностью и покрытые торфяниками.

По условиям питания водой болота подразделяют на низинные и верховые (рисунок 14.7). Низинные болота разделяют на ключевые и пойменные.

Низинные болота питаются грунтовой, речной или озерной водой, а также дождевыми и талыми водами. Для верховых болот основным источником воды являются атмосферные осадки и талые воды. В соответствии с условиями питания низинные болота образуются заторфованием водоемов, а верховые – заболачиванием участков земли.



а) низинное; б) верховое; 1 – минеральное дно; 2 – торф; 3 – ил; 4 – заболоченный грунт (стрелки показывают источники питания болот водой)

Рисунок 14.7 – Типы болот

Ключевые болота образуются в местах выхода на поверхность подземных вод, где отсутствует возможность оттока воды. Они имеют малую площадь распространения. Болота речных долин называют пойменными.

По глубине болота подразделяют на: 1) мелкие (до 2 м); 2) средние (2-4 м); 3) глубокие (более 4 м).

Заболоченные земли представляют избыточно увлажненные участки земли, не имеющие слоя торфа или его слой не превышает 30 см. Они формируются на участках земной поверхности, где близко к ней залегают водоупорные слои, или водоупоры. На заболоченных землях грунтовые воды имеют высокий уровень, который почти сливается с поверхностью земли. Вода застойная, без движения.

Болота являются неблагоприятными местами для строительства зданий и сооружений. На заболоченных землях вопросы строительства решаются легче, т.к. неблагоприятные грунты можно полностью убрать до прочного дна.

16.

Плывуны – водонасыщенные рыхлые породы, преимущественно пески, которые при вскрытии котлованами и горными выработками разжижаются, приходят в движение и ведут себя подобно тяжелой вязкой жидкости.

Причина пльвунных свойств – гидродинамическое давление поровой воды, создаваемое в результате перепада (градиента) давления в грунтовых водах при вскрытии котлована. Гидравлический градиент вызывает фильтрационное давление на частицы грунта, обуславливая их движение по направлению в сторону котлована. Плывуны образуют слои, линзы.

Плывуны разделяются на два вида: ложные и истинные. Ложные пльвуны – различные пески и гравелистые отложения, не имеющие структурных связей. Эти пльвуны характеризуются высоким гидродинамическим давлением и легкой отдачей ими воды. При высыхании они образуют рыхлую или слабо сцементированную массу. Истинные пльвуны – глинистые пески с коагуляционными или сме-

шанными структурными связями. Их особенность – слабая отдача воды. При высыхании такие пльвуны образуют цементированные массы.

Развитию пльвунности также способствуют бактериологические процессы, вызываемые жизнедеятельностью микроорганизмов.

Пльвуны сильно осложняют строительство. В связи с этим, необходимо иметь следующие сведения: 1) глубину и условия залегания; 2) геоморфологию участка; 3) состав и физико-механические свойства; 4) гидрогеологические особенности.

17.

Выделяют следующие способы борьбы: а) искусственное осушение пльвунных грунтов в период строительства (открытая откачка из котлованов, иглофильтры); б) крепление пльвунов с помощью специальных ограждающих крепей; в) закрепление пльвунов путем изменения их свойств с помощью методов технической мелиорации (силикатизация, цементация, замораживание, электрохимические способы); г) использование при проходке подземных выработок повышенного давления, уравновешивающего давление воды пльвуна.

В выборе способа борьбы важнейшее значение имеет вид пльвуна. Для ложных пльвунов применимы все способы борьбы. В борьбе с истинными пльвунами можно использовать ограждение, замораживание и электрохимическое закрепление. Возможность осушения пльвунов зависит от коэффициента фильтрации. Также используют шпунтовые стенки (крепи), перерезающие слои пльвунов. Замораживание пльвунов носит временный характер. С этой целью используют естественный мороз или специальные холодильные установки. Силикатизация производится только при высокой водопроницаемости пльвунов ($k_f > 0,5$ м/сут).

18.

В процессе фильтрации воды через грунты при определенных условиях вода совершает разрушительную работу. Из грунтов типа песка, гравия и галечника вымывается составляющие их наиболее мелкие частицы. Грунты разрыхляются, в них образуются пустоты. Процесс выноса частиц из толщ грунтов называют **суффозией**.

Различают два вида суффозии – механическую и химическую. При механической суффозии фильтрующая вода отрывает от породы и выносит во взвешенном состоянии песчаные, пылеватые и глинистые частицы. При химической суффозии вода растворяет частицы пород (карбонаты, соли, гипс) и выносит продукты разрушения.

Причина суффозии – возникновение в подземных водах значительных сил гидродинамического давления и превышения величины некоторой критической скорости воды.

Суффозия может происходить как в глубине массива пород, так и вблизи поверхности земли. В глубине массива перенос мелких частиц осуществляется водой из одних слоев в другие или в пределах одного слоя. Это, в свою очередь, приводит к образованию подземных пустот и каналов. Вблизи поверхности земли суффозия проявляется при естественном или искусственном изменении гидродинамических условий, на склонах речных долин и откосах водохранилищ при быстром спаде паводковых вод или сбросе лишней воды, в местах выхода на поверхность грунтовых вод.

Суффозионные явления отрицательно сказываются на устойчивости зданий и сооружений. С суффозией борются путем прекращения фильтрации воды. Это достигается: 1) регулированием поверхностного стока атмосферных вод и гидроизоляцией поверхности земли; 2) перекрытием места выхода подземных вод, тампонированием или присыпкой песка; 3) устройством дренажей для осушения пород или уменьшением скорости фильтрации воды; 4) упрочнением ослабленных суффозией грунтов методами силикатизации, цементации, глинизации.

19.

Карстовые процессы – процессы выщелачивания водорастворимых горных пород (известняков, доломитов, гипсов) подземными и атмосферными водами и образования в них различных пустот.

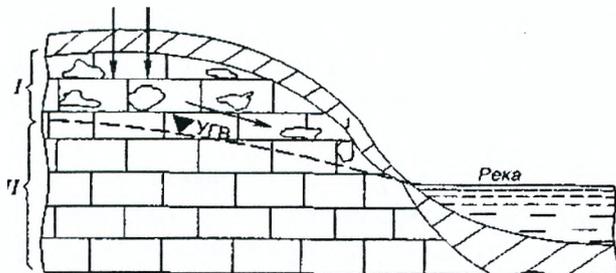
Для карстового процесса главным является растворение пород и вынос из них веществ в растворенном виде.

Возникновение и развитие карста обусловлено способностью пород к полному растворению, наличием проточной воды и степенью ее минерализации, геологическим строением участка, рельефом местности, трещиноватостью пород, характером растительности, климатом.

Важным условием для развития карста является водопроницаемость пород. Чем порода более водопроницаема, тем интенсивнее может протекать процесс растворения.

В карстующемся массиве различают зону карстообразования и зону цементации (рисунок 14.8). Зона карстообразования расположена выше уровня грунтовых вод, где развита интенсивная фильтрация воды. Ниже уровня подземных вод карстообразование не происходит. В этой части массива наблюдается цементация трещин за счет отложения из водных растворов кальцита и других веществ.

Формы карста. По отношению к земной поверхности различают два вида карста: открытый и скрытый. При открытом типе карстующиеся породы лежат на поверхности земли, а при скрытом они перекрываются слоями нерастворимых водопроницаемых пород и лежат на некоторой глубине.



I – зона развития карста; II – зона цементации; УГВ – уровень грунтовых вод

Рисунок 14.8 – Зона карстового массива в известняке

Из многочисленных карстовых форм наиболее распространены: 1) карры – мелкие желоба типа борозд на поверхности карстующихся пород; 2) воронки – углубления различной формы и размеров с диаметром от 3-4 до 40-50 м и глубиной от 1-2 и до десятков метров. Различают воронки поверхностные и провальные. 3) пещеры – подземные пустоты значительных размеров.

Строительство в карстовых районах связано с трудностями, т.к. карстующиеся породы являются ненадежным основанием. Пустотность снижает прочность и устойчивость пород как оснований зданий и сооружений. Развитие карстовых форм может вызвать недопустимые осадки или даже полное разрушение конструкций. Карстовый процесс опасен для гидротехнических сооружений.

20.

Мерзлое состояние грунтов бывает сезонным или многолетним.

Сезонная мерзлота. В зимнее время грунты промерзают на некоторую глубину, а в теплое время года оттаивают. Это явление носит название сезонного промерзания. Наибольшее промерзание отмечено в рыхлых грунтах с открытыми порами, меньше промерзают глинистые грунты. Глубину промерзания определяют расчетным путем с учетом местных геологических, климатических и других условий.

Сезонно промерзающие грунты относят к неустойчивым основаниям. При промерзании грунты за счет влаги увеличиваются в объеме. Это явление называется морозным пучением. Влияния зимнего пучения на устойчивость зданий предотвращают заложением фундаментов на глубину, превышающую зимнее промерзание грунтов.

Многолетняя мерзлота. Толщи верхней части земной коры, находящиеся в мерзлом состоянии, с температурой ниже 0°C, называют **многолетнемерзлыми**, а их территорию – **областью многолетней мерзлоты**.

По площади многолетняя мерзлота разделена на три зоны: 1) сплошная, с мощностью более 100 м и температурой от -5 до -10 °С; 2) с таликами. Мерзлота содержит талые участки, а мощность мерзлых толщ – 25-60 м при температуре от -1 до -3 °С; 3) островная – в виде отдельных участков территории с мощностью мерзлых толщ не превышает 10-15 м при температуре от 0 до -1 °С.

Многолетняя мерзлота разделена на три слоя:

- 1) деятельный слой. Верхняя часть толщи многолетней мерзлоты. Мощность колеблется от 20-30 см до 3-4 м. В практических целях выделяют мощности: а) естественную; б) нормативную; в) расчетную;
- 2) многолетняя мерзлота. Толщи мерзлоты бывают: а) непрерывные; б) слоистые;
- 3) подмерзлотные породы. По физическому состоянию среди мерзлых грунтов выделены: а) твердомерзлые; б) пластичномерзлые; в) сыпучемерзлые.

ЛЕКЦИЯ № 15

«Инженерно-геологические и гидрогеологические исследования»

План лекции

1. Задачи инженерно-геологических и гидрогеологических исследований.
2. Состав, объем и содержание инженерно-геологических и гидрогеологических исследований.
3. Инженерно-геологическая съемка.
4. Гидрогеологическая съемка.
5. Бурение геологоразведочных скважин.
6. Проходка шурфов, дудок, штолен, траншей, расчисток.
7. Геологическая документация буровых и горнопроходческих работ.
8. Виды геофизических исследований.
9. Опытные полевые работы.
10. Стационарные наблюдения.
11. Инженерно-геологические и гидрогеологические изыскания для зданий, трасс трубопроводов плотин, водохранилищ, массивов орошения и осушения.

1.

Инженерно-геологические и гидрогеологические исследования – обязательная составная часть изыскательских работ. Основная цель исследований заключается в изучении гидрогеологических и инженерно-геологических условий и получение необходимых данных для проектирования и нормального эксплуатирования объектов.

Основными задачами исследований являются:

- изучение распространения, строения, состава, сложения, состояния и свойств грунтов для оценки возможности и целесообразности их использования в качестве среды, оснований и материалов проектируемых сооружений и выяснения особенностей грунтов как объектов разработки;
- установление условий залегания, распространения и особенностей режима подземных вод; характера, площади развития, интенсивности проявления и режима геологических процессов для оценки степени их влияния на строительство и эксплуатацию зданий и сооружений;
- поиски, разведка и опробование месторождений ископаемых строительных материалов, используемых при строительстве и в эксплуатации, включая и грунты для возведения насыпей.

Задачи исследований определяются в зависимости от видов, типов и размеров проектируемых сооружений.

2.

Состав исследований определяется программой, согласованной с проектной организацией. В состав исследований входят следующие виды работ: 1) сбор, изучение и анализ имеющихся геологических материалов по району строительства (информации о геологическом строении, гидрогеологических условиях, климате, гидрологии, почвенном покрове, топографии); 2) инженерно-геологическая и гидрогеологическая съемка; 3) буровые и горнопроходческие разведочные работы; 4) геофизические исследования; 5) лабораторные исследования грунтов и подземных вод; 6) камеральная обработка и составление отчета.

Объем и содержание исследований определяются: а) сложностью инженерно-геологических и гидрогеологических условий района; б) степенью их изученности; в) стадией проектирования; г) типом проектируемого сооружения.

Для ответственных и капитальных сооружений в сложных геолого-гидрогеологических условиях (просадочные, набухающие грунты и т.д.) производят подробные исследования с большими объемами буровых и опытных работ.

3.

Инженерно-геологическая съемка – комплексное изучение геологических, гидрогеологических, геоморфологических и других естественно-исторических условий района строительства. Съемка позволяет дать оценку территории со строительной точки зрения.

Масштаб инженерно-геологической съемки может быть от 1:200000 до 1:1000 и крупнее. Основой для проведения съемки служит геологическая карта данной местности.

Основной метод съемки – маршрутное обследование местности, в ходе которого ведут различные наблюдения. В ходе наблюдений изучают гидрогеологические условия для выяснения обводненности пород, глубины залегания подземных вод, их режима и химического состава; выявляют геологические процессы (обвалы, оползни, многолетнюю мерзлоту), которые могут вредно отразиться на устойчивости и нормальной эксплуатации инженерных сооружений; изучают опыт строительства на данной территории; определяют физико-механические свойства пород полевыми методами.

На основе материалов инженерно-геологической съемки составляется инженерно-геологическая карта района строительства.

Инженерно-геологическая карта – сведения о важнейших инженерно-геологических факторах в пределах изучаемой территории. Инженерно-геологические карты бывают трех видов: 1) инженерно-геологических условий (предназначена для оценки природных условий местности, где будет осуществлено строительство); 2) инженерно-геологического районирования (отражает деление территории на районы, области); 3) инженерно-геологические карты специального назначения (предназначены для оценки инженерно-геологических условий территории строительства и прогноз инженерно-геологических процессов и явлений).

Масштабы инженерно-геологических карт определяются их назначением и детальностью содержания и могут быть: а) общие обзорные (М 1:500000 и мельче); б) карты среднего масштаба (М 1:200000, М 1:100000); в) детальные крупномасштабные карты (М 1:10000 и крупнее).

Инженерно-геологические разрезы являются важным дополнением карт. Они позволяют выявить инженерно-геологические условия местности на глубине, их строят по карте или по данным буровых скважин и шурфов. Они показывают состав, условия залегания и возраст пород, их свойства, интенсивность развития инженерно-геологических процессов.

4.

Гидрогеологическая съемка – комплексное полевое исследование гидрогеологических условий с целью их картирования. На основе результатов гидрогеологической съемки обосновывают выбор участка водозабора и выявляют запасы подземных вод, дают оценку гидрогеологических условий территории водохранилищ и бассейнов, изучают общие гидрогеологические условия района и т.п.

В зависимости от масштаба различают съемки крупномасштабные или специальные (М 1:50000 и крупнее), среднемасштабные, мелкомасштабные и общие.

При проведении гидрогеологической съемки ведут геологические, геоморфологические, гидрогеологические, геоботанические и другие наблюдения. Основное внимание уделяют гидрогеологическим условиям. Наносят на карту источники, заболоченности, колодцы, скважины, естественные и искусственные выходы подземных вод на поверхность земли, отбирают пробы воды и пород, устанавливают характер связи подземных и поверхностных вод и т.д.

Гидрогеологическая съемка выполняется с помощью маршрутных исследований. Помимо этого, производят буровые, геофизические, лабораторные и другие полевые работы. Результатом съемочных работ является гидрогеологическая карта территории и отчет по съемке. Гидрогеологическая карта содержит информацию о распространении, условиях залегания, водообильности, направлении движения и химическом составе подземных вод. Изменения этих условий по глубине отражают гидрогеологические разрезы.

5.

Буровая скважина – цилиндрическая вертикальная выработка малого диаметра, выполняемая специальным буровым инструментом. В буровых скважинах различают устье, стенки и забой или дно. Диаметр скважин находится в пределах 50-150 см. Глубина скважин не превышает 30 м.

Бурение скважин – основной вид разведочных работ при инженерно-геологических и гидрогеологических исследованиях.

Сущность бурения заключается в постепенном и последовательном разрушении породы на забое и извлечении ее на поверхность. Образцы породы, извлекаемые из скважин, называют **керном**.

Бурение скважин имеет преимущества и недостатки. К преимуществам относят: а) высокая скорость проходки; б) возможность достижения больших глубин; в) механизация спуско-подъемных опера-

ций; г) мобильность буровых установок. Недостатки: а) невозможность осмотра стенок скважины ввиду малого ее диаметра; б) небольшой размер образцов; в) необходимость промывки скважин при бурении.

В настоящее время наиболее распространены следующие виды бурения скважин: 1) ручное ударно-вращательное; 2) вращательное колонковое; 3) шнековое; 4) вибрационное.

Ручное ударно-вращательное бурение применяют в труднодоступной местности. Ручным способом бурят скважины в рыхлых грунтах на глубину до 10-15 м, реже 30 м.

Вращательное колонковое бурение применяют во всех разновидностях пород, включая скальные, глубиной до 100 м и более.

При проходке скважин в песчано-глинистых грунтах на глубину до 30 м применяют **шнековое бурение**. К достоинствам шнекового бурения относят высокую механическую скорость.

Проходку скважин при **вибрационном бурении** осуществляют на глубину 15-20 м в глинистых и песчаных обводненных породах.

Бурение скважин на воду осуществляется роторным и ударно-канатным способом. Роторный способ – это вращательное бурение сплошным забоем, с промывкой или продувкой воздухом, с ротором на поверхности. Этот способ используют для скважин любой глубины (более 150 м) на водоносные горизонты, ранее хорошо изученные и опробованные. Ударно-канатное бурение применяется в районах с недостаточной гидрогеологической изученностью. Глубина бурения в нескальных породах – до 100-150 м, в скальных – на большую глубину. Однако в практике широко применяют комбинированный способ бурения.

Скважины очень большого диаметра и глубиной не менее 200 м бурят реактивно-турбинным способом с вращателем на забое.

6.

Геологическое строение, гидрогеологические условия стройплощадки, определение типа и состояния пород, отбор образцов пород и подземных вод позволяют изучить разведочные выработки.

Наиболее распространены следующие виды разведочных выработок: 1) буровые скважины; 2) шурфы; 3) штольни; 4) канавы; 5) расчистки.

Шурф – вертикальная горная выработка прямоугольного или круглого сечения, проходимая с поверхности до глубины 20 м, реже более. Шурф круглого сечения называют **дудкой**. Выделяют шурфы мелкие (глубиной до 3-5 м) и глубокие.

Шурф проходят путем углубления забоя и выброса грунта вначале лопатой, далее с помощью бады, поднимаемой лебедкой. В скальных породах – с использованием отбойных молотков и взрывных работ. По мере углубления стенки шурфа укрепляют. При проходке водонасыщенных пород организуют водоотлив.

В настоящее время широко внедряется механизированный способ проходки шурфов с помощью специальных шурфопроходческих установок КШК-30А, КШС-40, БКГМ-66 и др.

Расчистки – неглубокие выработки, применяемые для снятия рыхлого маломощного покрова делювия или элювия с наклонных поверхностей.

Канавы (траншеи) – узкие (до 0,8 м) и неглубокие (до 2 м) выработки, выполняемые вручную или с помощью технических средств с целью обнажения коренных пород.

Штольни – подземные горизонтальные выработки значительной длины, закладываемые на склонах и вскрывающие толщ горных пород в глубине массива. Их применяют обычно при изыскании скальных массивов.

7.

Основным геологическим документом разведочных работ является буровой журнал и журнал горных выработок. По мере бурения скважин в журналах описывают состав и состояние вскрываемых пород, указывают глубину отбора проб породы и воды, приводят результаты наблюдений за появлением уровней подземных вод, выходом керна, качеством изоляции водоносных горизонтов и т.д.

По данным буровых и горных журналов составляют разрезы (колонки) отдельных скважин и шурфов, а также развертки шурфов (рисунки 15.1–15.2). Данные нескольких разрезов (колонок) объединяют в инженерно-геологические или гидрогеологические профили (разрезы). Разрезы оформляют соответствующим образом – указывают масштаб, наносят стратиграфические индексы, приводят условные обозначения.

Скважина №1
Абс. отметка устья – 80,0 м

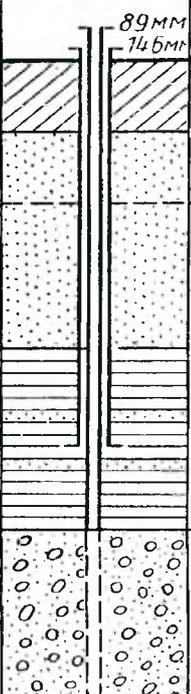
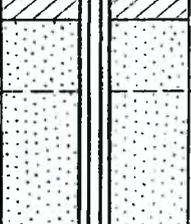
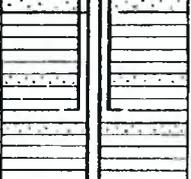
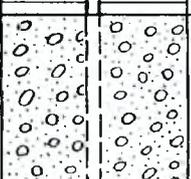
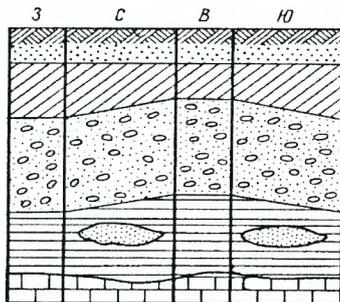
№ слоя	Геологический индекс	Глубина залегания слоя, м		Мощность слоя, м	Разрез и конструкция скважины	Уровень подземных вод		Литологическое описание пород
		от	до			являющийся	установившийся	
1	al Q _{IV}	0.0	2.0	2.0				Глинок серый, легкий средней плотности
2	al Q _{IV}	2.0	8.0	6.0		4.0	4.0	Песок мелкозернистый, светло-серый, влажный, кварцевый, рыхлый, с глубины 4,0 м – водоносный
3	al Q _{III}	8.0	13.0	5.0			9.5	Глина темно-серая, тугопластичная с тонкими прослойками песка
4	al Q _{II}	13.0	18.0	5.0			13.0	Гравийно-галечниковые отложения с включением песка, водоносные, плотные

Рисунок 15.1 – Геологическая колонка (разрез) буковой скважины



Разрезы необходимы для общей геологической оценки районов строительства и отдельных их участков, выбора слоев в качестве несущих оснований, изучения водоносных горизонтов и т.д.

Рисунок 15.2 – Развертка шурфа

8.

Геофизические методы применяют с целью изучения геологического разреза горных пород, водоносных горизонтов, геологических процессов и явлений. Они основаны на различиях физических свойствах горных пород (удельного электрического сопротивления, скорости распространения упругих сейсмических волн, радиоактивности, магнитной восприимчивости и др.). Эффективность геофизических методов зависит от степени различия пород по физическим свойствам, правильного сочетания их с другими методами инженерно-геологических и гидрогеологических исследований.

Геофизические исследования проводят с поверхности земли и в буровых скважинах. К геофизическим методам с поверхности земли относят электрические, сейсмические, радиоактивные, магнитометрические.

Электроразведка основана на исследовании искусственного создаваемого в массивах пород электрического поля. Каждая порода характеризуется своим удельным электрическим сопротивлением. Чем больше разнятся эти удельные сопротивления между собой, тем точнее результаты электроразведки.

Электроразведка применяется в двух модификациях: электротондирование и электропрофилирование. Метод электротондирования используется для определения глубины залегания и мощности во-

доносных горизонтов, включая и глубокозалегающие артезианские воды. Метод электропрофилирования позволяет определить границы слоев горных пород и водоносных горизонтов, обнаруживает карстовые полости, обводненные, трещиноватые зоны, линзы пресных вод среди соленых и др.

Сейсмические методы основаны на измерении скорости распространения упругих колебаний, искусственно возбуждаемых в горных породах (взрывами, ударами). Используемые в этих методах микросейсмические установки устанавливают глубину залегания скальных пород под наносами, выявляют погребенные речные долины, карстовые пустоты, уровень подземных вод и т.д.

Магниторазведка позволяет выявить зоны тектонических нарушений.

Радиоактивные методы используют для определения объемной массы и влажности пород в условиях естественного залегания.

Геофизические исследования в буровых скважинах, проводимые для изучения геологического разреза горных пород, их водоносности и температуры воды, называют **каротажем**.

Различают электрический, радиоактивный, резистивиметрический и другие виды каротажа.

Электрический каротаж основан на измерении вдоль ствола скважины кажущегося электрического сопротивления пород и потенциала естественного поля. Эти методом расчленяют толщу пород по литологическим признакам, выделяют пласты, насыщенные водой.

Радиоактивным каротажем измеряют интенсивность естественного гама-излучения горных пород и вторичного гамма-излучения, возникающего в породах при их облучении нейтронами из источника, перемещаемого вдоль ствола скважины. С помощью этого метода определяют состав и состояние пород, а также некоторые свойства: объемный вес, влажность и объемный вес скелета.

Резистивиметрический каротаж применяют для обнаружения мест притока (или поглощения) воды в скважине, определения скорости ее движения и др.

Также используют и другие геофизические методы, к которым относят: 1) расходографию; 2) метод повторных боковых каротажных зондирований; 3) метод заряженного тела и др.

9.

Опытные работы подразделяют на полевые испытания грунтов и опытно-фильтрационные исследования. Первые применяют при инженерно-геологических исследованиях, вторые – при гидрогеологических.

В состав опытных полевых работ входят опытные нагрузки в шурфах, прессиометрия, зондирование, опыты по определению коррозирующего действия грунтов и др.

Опытные нагрузки в шурфах и скважинах проводят при проектировании ответственных сооружений для получения надежных характеристик сжимаемости грунтов. На дно шурфа устанавливают жесткий штамп. На штамп передают удельное давление с помощью домкратов. На основании наблюдений строят графики зависимости осадки штампа от нагрузки. По этим данным оценивают степень сжимаемости грунтов.

Прессиометрия состоит в обжатии и деформировании грунта в стенках скважины. По величине этих деформаций определяют показатели сжимаемости грунтов.

Зондирование выполняют для изучения состава и свойств песчано-глинистых пород на глубину 15-20 м и более без бурения скважин. Сущность метода заключается в определении сопротивления проникновению в грунт металлического наконечника (зонда). Зондирование дает представление о плотности и прочности грунтов на той или иной глубине и характеризует изменение их в вертикальном разрезе.

По способу погружения наконечника различают зондирование динамическое и статическое. При динамическом зондировании зонд погружают ударами стандартного груза, падающего с определенной высоты. При статическом зондировании фиксируют усилие, необходимое для задавливания зонда.

В полевых условиях проводят опытные исследования **коррозионной активности грунтов** (почвенная коррозия) и **коррозионности от блуждающих токов** (электрокоррозия). Эти исследования необходимы для разработки антикоррозионной защиты подземных металлических сооружений (стальных трубопроводов и др.). Наибольшей коррозионностью обладают грунты с высокой электропроводностью и соответственно малым электрическим сопротивлением.

Опытно-фильтрационные исследования необходимы для определения удельных дебитов скважин, водопроницаемости горных пород, взаимосвязи водоносных горизонтов, направления и скорости дви-

жения подземных вод. В состав опытных работ входят: откачки, нагнетания в скважины, наливывы в шурфы, определения направления и скорости движения подземных вод.

Откачки воды из скважин проводят для определения их дебита, зависимости дебита от понижения, фильтрационных характеристик водоносных пород, радиуса влияния и др.

В зависимости от целевого назначения откачки воды из скважин подразделяют на пробные, опытные и опытно-эксплуатационные. Пробные откачки воды служат для предварительной оценки водоносности вскрытого горизонта. Проводятся только из одиночных скважин. Опытные откачки проводят при одном-трех понижениях уровня в течение нескольких суток. Продолжительность откачки зависит от состава водоносных пород, гидравлического характера водоносного горизонта и от других факторов. Опытно-эксплуатационные откачки проводят с целью установления возможного изменения качества воды и дебита скважин во времени на участках с неблагоприятными гидрогеологическими условиями.

Опытные нагнетания заключаются в подаче воды сверху под напором в опробуемый интервал скважин. О водонепроницаемости пород судят по величине удельного водопоглощения. Чем выше степень трещиноватости и пустотности горных пород, тем больше величина удельного водопоглощения.

Опытные наливывы воды в шурфы применяют при изысканиях под поля фильтрации и орошения, водохранилищ и т.д. Наиболее часто используют методы А.К. Болдырева и Н.С. Нестерова. Эти методы используют для определения коэффициента фильтрации грунтов. Однако метод Болдырева завышает истинные значения коэффициента фильтрации, т.к. не учитывает боковое растекание воды под действием капиллярных сил. В связи с этим, этот метод применяется в крупнозернистых песках, гравийно-галечных, трещиноватых скальных и других породах с незначительным капиллярным давлением. Метод Нестерова используют для определения водопроницаемости суглинистых и супесчаных пород.

Опытные работы по определению направления и скорости движения подземных вод описаны в лекции № 10.

10.

Стационарные наблюдения при инженерно-геологических и гидрогеологических исследованиях проводят за развитием неблагоприятных геологических процессов, режимом подземных вод и за температурным режимом многолетнемерзлых пород. Они заключаются в выборе характерных участков для наблюдений, установкой сети реперов, инструментальных наблюдениях за их перемещением и т.д. Наблюдения ведут в период эксплуатации зданий и сооружений.

На территории крупных очистных сооружений организуют стационарные наблюдения за изменениями уровня грунтовых вод, распространением загрязнений в водоносных пластах, временем и продолжительностью полива. При эксплуатации сооружений на подтапливаемых территориях оборудуют постоянную сеть наблюдательных скважин.

Для водоснабжения наблюдения ведут с помощью сети наблюдательных скважин, расположенных не менее чем по двум взаимно перпендикулярным створам, проходящим через участок водозабора. В режимную сеть входят также эксплуатационные скважины, а в некоторых случаях и гидрометрические посты для изучения режима поверхностных вод, гидравлически связанных с эксплуатируемым водоносным горизонтом. Число и расположение наблюдательных скважин зависят от типа подземных вод, размеров предполагаемой воронки депрессии, санитарного состояния района водозабора и других факторов. Наблюдательные скважины оборудуют приборами для непрерывной записи уровня подземных вод, передвижными уровнемерами, расходомерами и другой измерительной аппаратурой.

По данным стационарных наблюдений, в районе водозаборов выбирают наиболее рациональный режим водоотбора, корректируют гидрогеологические прогнозы, анализируют опыт эксплуатации.

При изысканиях родников для водоснабжения стационарные наблюдения ведут за их расходом, химико-бактериальным составом и температурой.

11.

Инженерно-геологические изыскания должны давать материал для выбора и оценки строительной площадки, выбора и расчета конструкции зданий и сооружений, режима их эксплуатации.

Инженерно-геологические работы строятся в зависимости от стадий проектирования, предшествуют проектированию. Проектирование ведется по следующим стадиям: 1) технико-экономическое обоснование (ТЭО); 2) технический проект; 3) рабочие чертежи.

Инженерно-геологические изыскания выполняются для всех видов зданий и сооружений. Основными объектами изысканий являются:

- 1) площади под насосные станции, очистные сооружения, резервуары и отстойники и др.;
- 2) полосы земли (трассы) под линейные объекты;
- 3) акватории водоемов и рек, их живые сечения;
- 4) существующие сооружения, подлежащие реконструкции.

Инженерно-геологические изыскания по трассам трубопроводов. Изыскания трасс проводят в одну или две стадии в зависимости от типа трубопроводов (магистральные, разведочные и т.д.).

На первой стадии выполняют изыскания с целью обоснования выбора варианта трассы трубопровода. Производят сбор фондовых и литературных материалов, намечают варианты трасс. Итог по первой стадии – отчет с сравнительной характеристикой всех вариантов трасс трубопроводов.

На второй стадии изыскания проводят на окончательно выбранном варианте трассы. Добавляются новые разведочные выработки по трассе, лабораторные исследования грунтов.

При проектировании и в период прокладки трубопроводов возможны дополнительные инженерно-геологические работы, связанные с участками, которые имеют сложные геологические условия.

Инженерно-геологические изыскания в связи со строительством плотин и водохранилищ. Состав и объем инженерно-геологических изысканий определяется тремя факторами: 1) характером проектируемого сооружения; 2) стадией проектирования; 3) сложностью геологических условий района строительства.

В комплекс инженерно-геологических изысканий на всех стадиях работ входят инженерно-геологическая съемка и разведочные работы. Это позволяет решать общегеологические вопросы строения местности (долины реки, участка балки, оврага и т.д.). На более поздних этапах изысканий на первом месте работы по изучению характеристик и свойств грунтов, а также анализ гидрогеологических условий района. При крупном гидротехническом строительстве возможно проведение опытных работ (по фильтрации, определению несущей способности грунтов и т.д.) и опытного строительства (опытный намыв дамб, опытные дренажи и т.д.).

Инженерно-геологические изыскания на площадках, предназначенных под поля фильтрации, поля орошения и осушения. Основной целью является изучение геологического строения и гидрогеологических условий этих площадок. Для этого используют скважины, которые располагают на площадках по сетке со сторонами в 100-200 м, а также по линиям предполагаемого растекания и движения стоков. Разведочные выработки доводят до водоупора. Для выяснения связи грунтовых вод с более глубокими горизонтами подземных вод глубину скважин увеличивают. В процессе работы изучают режим и баланс грунтовых вод, оценивают влияние состава сбросных вод на минерализацию грунтовых вод и водопроницаемость грунтов зоны аэрации. Фильтрационные свойства грунтов определяют в лаборатории и в полевых условиях в шурфах

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Как показано в курсе лекций, при проектировании мелиоративных систем и водохозяйственных объектов очень важным фактором является выбор оптимального варианта, основанного на знании геологических и инженерно-геологических процессов, влияющих на строительство; видов и методов инженерно-геологических и гидрогеологических изысканий, наблюдений.

Не меньшее значение имеют и достоверные прогнозы изменений геологических, инженерно-геологических процессов, что позволяет рационально использовать и охранять водные ресурсы и соприкасающуюся с ними окружающую среду.

Знания, приобретенные при изучении данного курса лекций, помогут будущему специалисту не только получить начальные сведения в области инженерной геологии и гидрогеологии, но и понять сущность специальности «Мелиорация и водное хозяйство» («Природоохранная деятельность») на начальных этапах высшего образования.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Ананьев, В.П. Инженерная геология и гидрогеология / В.П. Ананьев, Л.В. Передельский. – М.: Высшая школа, 1980.
2. Белый, Л.Д. Инженерная геология. – М.: Высшая школа, 1985.
3. Дружинин, М.К. Основы инженерной геологии. – М.: Недра, 1978.
4. Инженерная геология / П.В. Шведовский [и др.] – Брест: Изд. УО «БрГТУ», 2009.
5. Кац, Д.М. Основы геологии и гидрогеологии. – М.: Колос, 1981.
6. Пешковский, Л.М., Перескокова, Т.М. – М.: Высшая школа, 1982.
7. Толстой, М.П., Малыгин, В.А. Геология и гидрогеология / М.П. Толстой, В.А. Малыгин. – М.: Недра, 1988.
8. Шведовский, П.В., Федоров, В.Г. – Брест: Изд. УО «БПИ», 1999.
9. Шведовский, П.В., Федоров, В.Г. – Брест: Изд. УО «БрГТУ», 2008.

Учебное издание

Натарова Оксана Николаевна

ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОЛОГИЯ И ГИДРОГЕОЛОГИЯ (курс лекций)

Ответственный за выпуск: *Шведовский П.В.*

Редактор: *Боровикова Е.А.*

Компьютерная вёрстка: *Кармаш Е.Л.*

Корректор: *Никитчик Е.В.*

ISBN 978-985-493-295-8



Издательство БрГТУ.

Свидетельство № 02330/0549435 от 08.04.2009 г.

Подписано к печати 22.05.2014 г. Формат 60×84 1/16.

Бумага «Снегурочка». Усл.-п. л. 5,47. Уч.-изд. л. 5,88.

Тираж 75 экз. Заказ № 402. Отпечатано на ризографе
Учреждения образования «Брестский государственный
технический университет».

224017, Брест, ул. Московская, 267.