

БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

Факультет транспортных коммуникаций

Кафедра «Автомобильные дороги»

СОГЛАСОВАНО

И.о. заведующего кафедрой
«Автомобильные дороги»

_____ Е.П. Ходан
_____ г.

СОГЛАСОВАНО

Декан факультета транспортных
коммуникаций

_____ С.Е. Кравченко
_____ г.

ЭЛЕКТРОННЫЙ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС

по учебной дисциплине

ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОЛОГИЯ

для специальности 7-07-0732-03 «Строительство транспортных коммуникаций»
профилизация «Автомобильные дороги»

Составитель: Бабаскин Ю.Г.

Рассмотрено и утверждено

на заседании совета факультета транспортных коммуникаций

30 09 2024 г., протокол № 1

Минск БНТУ 2024

ПЕРЕЧЕНЬ МАТЕРИАЛОВ В КОМПЛЕКСЕ

Электронный учебно-методический комплекс содержит:

1. Теоретический раздел
 - 1.1 Содержание тем учебной программы
 - 1.2. Краткое изложение тем учебной программы
2. Практический раздел
 - 2.1 Перечень тем лабораторных занятий
3. Раздел контроля знаний
 - 3.1 Вопросы к экзамену
4. Вспомогательный раздел
 - 4.1 Основная литература
 - 4.2 Дополнительная литература

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Цели ЭУМК:

- подготовка инженера-строителя по специальности 7-07-0732-03 «Строительство транспортных коммуникаций» профилизации «Автомобильные дороги» и формирование у него профессиональных знаний по инженерной геодинамике, геолого-литологическим особенностям горных пород, региональной инженерной геологии и основам грунтоведения;
- повышение эффективности образовательного процесса;
- представление обучающимся специальности 7-07-0732-03 «Строительство транспортных коммуникаций» профилизация «Автомобильные дороги» возможности дополнительного самообразования по дисциплине «Инженерная геология»;
- внедрение перспективных технологий хранения и передачи информации в электронном виде.
- обеспечение открытости и доступности образовательных ресурсов путем размещения ЭУМК в локальной сети университета.

Структура ЭУМК содержит теоретический, практический, вспомогательный раздел и раздел по контролю знаний студентов.

Рекомендации по организации работы с ЭУМК:

Электронный документ открывается в среде Windows на IBM PC – совместимом персональном компьютере стандартной конфигурации.

Особенности структурирования и подачи учебного материала ЭУМК включает учебные, научные и методические материалы по дисциплине «Инженерная геология». Состоит из четырех разделов: теоретического, практического, контроля знаний и вспомогательного. В теоретический раздел входит краткий курс лекций по дисциплине. Для выполнения лабораторных работ приведен практический раздел, включающий с методические указания по их выполнению. Раздел контроля знаний включает вопросы для подготовки к сдаче экзамена. Вспомогательный раздел включает типовую учебную программу и перечень дополнительных материалов для изучения дисциплины.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

<u>Раздел 1. ЭЛЕМЕНТЫ ОБЩЕЙ ГЕОЛОГИИ</u>	10
<u>Тема 1.1. Задачи и вопросы, изучаемые в инженерной геологии</u>	10
<u>Тема 1.2. Общие сведения о строении земной коры</u>	11
<u>РАЗДЕЛ 2. ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОДИНАМИКА</u>	14
<u>Тема 2.1. Эндогенные процессы и вызванные ими явления</u>	14
<u>Тема 2.2. Экзогенные процессы климатического характера и вызванные ими явления</u>	16
<u>Тема 2.3. Экзогенные процессы водного характера и вызванные ими явления</u>	17
<u>Тема 2.4. Гравитационные процессы и вызванные ими явления</u>	19
<u>Раздел 3. ГЕОЛОГО-ЛИТОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ГОРНЫХ ПОРОД</u>	20
<u>Тема 3.1. Породообразующие минералы</u>	20
<u>Тема 3.2. Инженерно-геологические особенности магматических горных пород</u>	22
<u>Тема 3.3. Инженерно-геологические особенности метаморфических горных пород</u>	24
<u>Тема 3.4. Инженерно-геологические особенности осадочных горных пород</u>	26
<u>Тема 3.5. Характеристика грунтов</u>	28
<u>РАЗДЕЛ 4. РЕГИОНАЛЬНАЯ ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОЛОГИЯ</u>	31
<u>Тема 4.1. Инженерно-геологические особенности территории Беларуси</u> ...31	
<u>Раздел 5. ОСНОВЫ ГРУНТОВЕДЕНИЯ</u>	33

<u>Тема 5.1. Состав и структура грунтов</u>	33
<u>Тема 5.2. Вода в грунтах</u>	36
<u>Тема 5.3. Дисперсные грунты</u>	39
<u>Тема 5.4. Состав грунтов</u>	41
<u>Тема 5.5. Характеристика общих физических свойств грунтов</u>	44
<u>Тема 5.6. Физические свойства дисперсных грунтов</u>	46
<u>Тема 5.7. Физико-механические свойства грунтов</u>	51
<u>Тема 5.8. Водно-тепловой режим грунтов</u>	55
<u>Тема 5.9. Применимость грунтов в дорожном строительстве</u>	57
<u>Тема 5.10. Искусственное изменение состояния грунта</u>	60
<u>Тема 5.11. Почва как грунт</u>	63
<u>Тема 5.12. Обследование грунтов в полевых условиях</u>	66
<u>Тема 5.13. Контроль качества грунтов</u>	69

ПРАКТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

<u>Перечень тем лабораторных занятий</u>	71
--	----

КОНТРОЛЬ ЗНАНИЙ

<u>Перечень вопросов, выносимых на экзамен по дисциплине «Инженерная геология»</u>	71
--	----

ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЙ РАЗДЕЛ

Основная литература.....	73
Дополнительная литература.....	74

ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

Содержание тем учебной программы

Раздел I. ЭЛЕМЕНТЫ ОБЩЕЙ ГЕОЛОГИИ

Тема 1.1. Задачи и вопросы, изучаемые в инженерной геологии.

Цель и задачи читаемой дисциплины, место среди других дисциплин строительного цикла и взаимосвязь с фундаментальными науками. Разделы инженерной геологии: геодинамика, региональная инженерная геология, грунтоведение и механика грунтов. Особенности изучения геологических процессов при инженерно-геологических исследованиях.

Тема 1.2. Общие сведения о строении земной коры.

Современные сведения о строении земного шара по М.М.Филатову. Строение земной коры. Основы исторической геохронологии. Краткая характеристика эр и периодов.

Раздел II. ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОДИНАМИКА

Тема 2.1. Эндегенные процессы и вызванные ими явления

Инженерно-геологическое районирование территории. Щиты и плиты древних и молодых платформ. Характеристика эндегенных процессов. Тектонические движения земной коры. Явления, вызванные тектоническими движениями.

Тема 2.2. Экзогенные процессы климатического характера и вызванные ими явления

Выветривание. Криогенные и посткриогенные геологические процессы. Эоловые процессы и вызванные ими явления.

Тема 2.3. Экзогенные процессы водного характера и вызванные ими явления

Растворение. Суффозия. Размывание. Заболачивание.

Тема 2.4. Гравитационные процессы и вызванные ими явления

Характеристика гравитационных процессов. Явления, вызванные гравитационными процессами. Обвалы. Осыпи. Оползни. Сели. Снежные лавины.

Раздел III. ГЕОЛОГО-ЛИТОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ГОРНЫХ ПОРОД

Тема 3.1. Породообразующие минералы

Основное подразделение пород по генетическим признакам. Характеристика породообразующих минералов. Кристаллические особенности породообразующих минералов. Понятия о глинистых минералах (монтмориллонит, каолинит, гидрослюда) и их особенностях.

Тема 3.2. Инженерно-геологические особенности магматических горных пород

Минералы, определяющие химический состав магматических пород. Классификация магматических пород. Интрузивные, эффузивные и гипабиссальные магматические породы. Формы магматических тел. Характеристика важнейших представителей класса.

Тема 3.3. Инженерно-геологические особенности метаморфических горных пород

Метаморфизм и его природа. Главнейшие разновидности метаморфических пород. Характеристика представителей метаморфических пород. Явление трещиноватости, ее значение, природа явления, классификационные признаки.

Тема 3.4. Инженерно-геологические особенности осадочных горных пород

Характеристика и классификация осадочных горных пород. Условия и формы залегания горных пород.

Тема 3.5. Характеристика грунтов

Понятия о грунтах. Классификация нескальных грунтов в соответствии со стандартом Республики Беларусь (СТБ 943-2007) (крупнообломочные, песчаные, пылевато-глинистые) и подразделением глинистых грунтов на типы и подтипы (ТКП 45-3.03-19-2006). Включения и заполнители в грунтах.

Раздел IV. РЕГИОНАЛЬНАЯ ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОЛОГИЯ

Тема 4.1. Инженерно-геологические особенности территории Белору- си

Кристаллический фундамент территории Беларуси. Основные особенности рельефа кровли антропогенного покрова Беларуси. Характеристика геологических отложений ледниковых периодов на территории Беларуси.

Раздел V. ОСНОВЫ ГРУНТОВЕДЕНИЯ

Тема 5.1. Состав и структура грунтов

Составляющие фазы грунта. Состав минеральной части грунтов. Структура реальных, идеальных и фиктивных грунтов. Структурные связи. Поровое пространство грунтов. Характеристика отдельных категорий грунтов.

Тема 5.2. Вода в грунтах

Подземные воды. Характеристика грунтовых вод. Движение грунтовых вод. Связанная вода в грунтах. Влажность и водопроницаемость. Положение уровня стояния грунтовых вод на территории Беларуси. Водопоглощение и водонасыщение грунтов.

Тема 5.3. Дисперсные грунты

Гомогенные и гетерогенные системы. Коллоиды и коллоидные системы (мицелла). Поглощительная способность грунтов. Слабые грунты. Применимость слабых грунтов в основании дорожной конструкции.

Тема 5.4. Состав грунтов

Классификация физических свойств грунтов. Понятие о зерновом и микроагрегатном составе грунтов. Прямые и косвенные методы определения состава грунта. Закон Стокса.

Тема 5.5. Характеристика общих физических свойств грунтов

Плотности и пористость грунтов. Удельная поверхность грунта.

Тема 5.6. Физические свойства дисперсных грунтов

Характеристика влажности грунта. Естественная и оптимальная влажности. Переувлажнение грунтов. Пластичность. Консистенция. Связность. Липкость. Набухание. Усадка и просадка грунта.

Тема 5.7. Физико-механические свойства грунтов

Виды деформации. Сопротивление грунта одноосному сжатию и разрыву. Оценка прочности песчаных и глинистых грунтов. Модули деформации, упругости, осадки грунта. Сопротивление грунта сдвигу.

Тема 5.8. Водно-тепловой режим грунтов

Дорожно-климатическое районирование территории Беларуси. Влияние температуры на тепловой режим грунтов. Промерзание грунтов. Водный режим грунтов. Регулирование водно-теплового режима при строительстве автомобильных дорог.

Тема 5.9. Применимость грунтов в дорожном строительстве

Подразделение грунтов по происхождению. Характеристика грунтов, распространённых на территории Беларуси. Рекомендации по применению грунтов при сооружении земляного полотна.

Тема 5.10. Искусственное изменение состояния грунта

Понятие об укреплении и стабилизации грунта. Механические, физические, физико-химические, химические методы укрепления грунта. Применимость грунтов при искусственном укреплении вяжущими материалами.

Тема 5.11. Почва как грунт

Почвообразовательный процесс. Почвенные зоны и их характеристика. Законы горизонтальных и вертикальных почвенных зон. Типы почв Беларуси.

Тема 5.12. Обследование грунтов в полевых условиях

Оценка инженерно-геологических условий района. Закладка шурфов и обследование грунтов. Обследование заболоченных участков. Разведка месторождений местных дорожно-строительных материалов.

Тема 5.13. Контроль качества грунтов

Контроль качества грунтов, применяемых при сооружении земляного полотна. Допускаемые отклонения при оценке качества. Контроль плотности и влажности грунта. Контроль качества уплотнения грунтов.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

Краткое изложение тем учебной программы

Раздел I. ЭЛЕМЕНТЫ ОБЩЕЙ ГЕОЛОГИИ

Тема 1.1. ЗАДАЧИ И ВОПРОСЫ, ИЗУЧАЕМЫЕ В ИНЖЕНЕРНОЙ ГЕОЛОГИИ

Цель учебной дисциплины - формирование знаний об элементах инженерной геологии; видах грунтов, как строительном материале; изменении свойств грунтов, в зависимости от консистенции, степени уплотнения и наличия пылевато-глинистых частиц.

Основными **задачами** учебной дисциплины являются:

- изучение инженерно-геологических особенностей строения антропогенного покрова на территории Республики Беларусь, а также процессов и явлений, протекающих в земной коре и на её поверхности;
- формирование знаний основных породообразующих минералов и их влияния на изменение свойств магматических, метаморфических и осадочных горных пород;
- изучение свойств грунта, как гетерогенной системы, применяемой при возведении земляного полотна автомобильной дороги и при получении дорожно-строительных материалов;
- изучение видов и характеристик грунтов, распространённых на территории Беларуси, и возможности применения их в дорожном строительстве;
- изучение физико-механических свойств грунтов и их изменение при различной влажности.

Инженерная геология – это наука о геологической среде, её рациональном использовании и охране в связи с инженерно-хозяйственной деятельностью человека. Инженерная геология изучает морфологию, динамику и региональные особенности литосферы и их взаимодействия с инженерными сооружениями.

Морфология – это внешний облик рельефа, характеризуемый формой и размерами отдельных неровностей.

Литосфера или **земная кора** – внешняя твердая оболочка Земли, большая часть которой покрыта гидросферой, а меньшая контактирует с атмосферой.

Термин **динамика литосферы** относится к движению литосферных плит и проявляются в радиальном и тангенциальном направлениях.

Разделами инженерной геологии являются грунтоведение, инженерная геодинамика и региональная инженерная геология.

Грунтоведение – это наука о грунтах, которыми являются любые горные породы или почвы, слагающие верхний слой земной коры и изучаемые как многокомпонентная система, изменяющаяся во времени, и применяемые при возведении инженерных сооружений в качестве основания, среды или материала. Грунтоведение изучает состав и строение грунтов, свойства и их изменение

под влиянием различных факторов, дисперсные и искусственные грунты, характеристику горных пород и их особенности.

Инженерная геодинамика изучает эндогенные процессы, экзогенные процессы климатического и водного характера, гравитационные процессы и вызванные ими явления.

Региональная инженерная геология изучает районирование и типизацию территорий, расположение щитов и плит древних и молодых платформ. В этом разделе рассматривают структуру фундамента и состав литосферы на территории Республики Беларусь, как элемента восточно-европейской платформы.

Структура изучения дисциплины инженерная геология основывается на последовательном ознакомлении: с общими сведениями о строении земного шара; эндогенными, экзогенными и гравитационными процессами и вызванными ими явлениями; породообразующими минералами как первичными элементами образования горных пород; особенностями магматических, метаморфических и осадочных горных пород; особенностями кристаллического фундамента и рельефа антропогенного покрова территории Республики Беларусь; понятием грунта как многокомпонентной системы, его составом, строением и структурой; наличием воды в грунтах и её влиянием на дисперсные свойства; физическими и физико-механическими свойствами грунтов; искусственным изменением состояния грунта под действием механических, физических и химических процессов; обследованием грунтов в полевых условиях, применимостью грунтов в дорожном строительстве и контролем их качества.

При строительстве автомобильных дорог грунт естественного сложения применяется:

- как основание любого гражданского сооружения, представляющее собой естественную толщу горных пород,
- как исходный продукт для получения дорожно-строительных материалов – щебня, гравия, песка, применяемых при производстве асфальто- и цементобетонных смесей,
- как рабочий материал для сооружения насыпи и устройства выемок, при отрывке котлованов, траншей, карьеров, устройства тоннелей и коллекторов.

Тема 1.2. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О СТРОЕНИИ ЗЕМНОЙ КОРЫ

Планета Земля представляет собой сложную слоистую систему сферических тел, помещенных одно в другое. Эти системы получили название: земная кора, мантия, ядро.

Земля имеет сложную форму близкую к трехосному эллипсоиду вращения с полярным сжатием. Она имеет специфическое название – *геоид*, который совпадает с невозмущенной поверхностью Мирового океана. Центральносимметричное строение Земного шара включает нескольких геосфер:

- тонкую наружную кору – земная кора или литосфера;
- мантию, занимающую 5/6 всей Земли по объему и 2/3 по массе;
- ядро, занимающее 16 % Земного шара по объему и 31,5 % по массе

Земная кора (литосфера) – состоит из трех слоев:

- осадочного;
- гранитного;
- базальтового.

Мощность осадочного слоя составляет примерно 15 км. Общая мощность литосферы в среднем составляет 50...70 км. Плотность горных пород, слагающих земную кору, составляет в среднем 2,5...2,9. Плотность Земного шара равна 5,5.

Мантия – представляет собой силикатную оболочку между подошвой литосферы и ядром. Масса мантии составляет 67,8 % от общей массы Земли. Геофизическими исследованиями установлено, что мантия подразделяется на:

- перидотитовую оболочку – слой В (верхнюю оболочку до глубины 400 км);
- переходной слой Голицына – слой С (на глубине от 400 до 1200 км)
- промежуточную – слой Д (нижнюю оболочку с подошвой на глубине 2900 км).

Ядро – состоит из:

- внешнего – жидкого (радиус 3450...3500 км, соответственно глубина 2870...2920 км);
- переходного - слой F (мощностью 300...400 км);
- внутреннего – твердого – слой G (радиус 1200...1250 км).

Диаметр ядра – 6940 км. Давление в ядре – 3,5 млн. атм. Температура ядра 5000 °С (по некоторым данным 7000°С). Плотность ядра – 12. Земное ядро состоит на 90 % из железо-никелевого сплава.

Возраста горных пород. Наиболее распространенными методами определения возраста горных пород являются:

стратиграфический - заключается в изучении взаимоотношений слоев друг с другом – чем выше слой, тем он моложе;

петрографический или литологический – основан на сравнении горных пород по их составу, строению;

палеонтологический – заключается в изучении остатков животных организмов и растений в породах;

радиоактивный – основан на радиоактивном распаде, который происходит с неизменной скоростью. Данный метод является абсолютно точным.

Самому древнему камню на нашей планете 4...5 млрд. лет. Первые остатки организмов (водоросли, бактерии) имеют возраст около 3 млрд. лет. Первые животные появились примерно 1 млрд. лет тому назад

Возраст Земли оценивается в 4,5...5 млрд. лет. Возраст первого материка приблизительно равен 4 млрд. лет.

Геохронология – подразделение геологического времени на условные отрезки, имеющие определенные названия: эра, период, эпоха, век.

Эра - подразделение геохронологической шкалы, соответствующее крупному этапу геологической истории и развития жизни на Земле.

Эры геологической истории Земли:

- 1 – Архейская,
- 2 – Протерозойская,
- 3 – Палеозойская,
- 4 – Мезозойская,
- 5 – Кайнозойская.

Архейская – древнейшая эра, продолжительность по различным источникам составляет от 1 млрд. лет. Для архея характерна активная вулканическая деятельность. При архейской эре происходило: формирование земной коры; появление первой воды; накопление первых мощных толщ осадочных пород.

Протерозойская – продолжительностью около 1,1 млрд. лет. При протерозойской эре был теплый тропический климат, происходило: обширное распространение моря, накопление известняков, наращивание земной коры, накопление мощных вулканических и осадочных толщ

Палеозойская – продолжительностью 300...350 млн. лет. Палеозойская эра подразделяется на периоды:

- 1) кембрийский, возраст 70...80 млн. лет;
- 2) ордовикский, возраст 60...70 млн. лет;
- 3) силурийский, возраст 30...36 млн. лет;
- 4) девонский, возраст 50...70 млн. лет;
- 5) каменноугольный, возраст 65...70 млн. лет;
- 6) пермский, возраст 45...50 млн. лет.

При палеозойской эре климат был тропический и субтропический, который закончился похолоданием в пермский период.

Мезозойская – продолжительностью 170...250 млн. лет. Эпоха относительного тектонического покоя. При мезозойской эре климат был теплый и однообразный. Мезозойская эра подразделяется на периоды:

- 1) триасовый, возраст 40-45 млн. лет;
- 2) юрский, возраст 55-60 млн. лет;
- 3) меловой, возраст около 70 млн. лет.

Кайнозойская – самая молодая эра, продолжающаяся до настоящего времени, имеющая возраст 65...70 млн. лет. Кайнозойская эра подразделяется на периоды:

1. палеогеновый, возраст приблизительно 40 млн. лет;
2. неогеновый, возраст около 25 млн. лет;
3. четвертичный или антропоген, начался около 1 млн. лет назад.

Эпоха относительного тектонического покоя. При кайнозойской эре происходило: образование Атлантического, Индийского и Северного Ледовитого океанов; интенсивное развитие альпийской складчатости, с которой связано рождение Альп, Кавказа, Крыма и других горных систем.

Подробное изложение материала представлено в учебном пособии «Дорожное грунтоведение и механика земляного полотна». Автор Бабаскин Ю.Г. Минск «Новое знание», Москва «ИНФРА-М» 2013. – С. 462. (Глава 1, с 32...42.)

Раздел II. ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОДИНАМИКА

Тема 2.1. ЭНДОГЕННЫЕ ПРОЦЕССЫ И ВЫЗВАННЫЕ ИМИ ЯВЛЕНИЯ

Эндогенными называют процессы, происходящие в недрах земной коры и проявляющиеся в вулканических извержениях, землетрясениях, трансгрессии и регрессии, радиальных и тангенциальных движениях земной коры. Обязательный фактор возникновения эндогенных процессов - внутриземной термодинамический режим, который сопровождается тектоническими движениями, как в мантии, так и в литосфере.

Инженерно-геологическое районирование территории стран СНГ базируется на тектонической схеме, составленной А.А.Богдановым, которая предусматривает выделение следующих структурных единиц:

- 1) древние докембрийские платформы (Русская, Сибирская);
- 2) молодые эпипалеозойские плиты (Западно-Сибирская, Туранская);
- 3) регионы байкальской складчатости (Забайкальская, Таймыро-Североземельская);
- 4) регионы каледонской складчатости (Алтае-Саянская, Западно-Казахстанская);
- 5) регионы герцинской складчатости (Урало-Новоземельская, Восточно-Казахстанская, горно-складчатые сооружения Средней Азии);
- 6) регионы мезозойской складчатости (тихоокеанская геосиклиналиная область);
- 7) регионы альпийской складчатости юга (Карпатская, Крымская, Кавказская);
- 8) регионы альпийской складчатости востока (Камчатская, Сахалинская).

Структура земной коры. Одной из основных структур земной коры является *платформа*, которая характеризуется малой интенсивностью тектонических движений и магматических проявлений. Например: Русская или Восточно-европейская и Сибирская платформы.

Платформа имеет двух ярусное строение:

- *нижний ярус (фундамент)* – сложен преимущественно метаморфическими и магматическими горными породами;
- *верхний ярус (чехол)* – сложен горизонтально залегающими осадочными горными породами.

В пределах платформы выделяют шиты и плиты.

Шит – геологическое образование, где фундамент выступает на поверхность.

Плита – геологическое образование, где фундамент погружен на глубину и над ним залегают чехол из осадочных горных пород.

Для кровли (верхней поверхности) платформы характерны впадины и выступы в виде таких элементов как: синеклиза; антеклиза; грабен; горст.

Синеклиза - пологий прогиб кровли фундамента.

Антеклиза - пологое поднятие кровли фундамента.

Грабен - участок фундамента, опущенный по крутым разрывам

Горст - выступ, ограниченный крутыми разрывами - сбросами

Тектонические движения земной коры подразделяются на четыре типа.

1. *Дислокационные* - представляющие медленное перераспределение напряжений в земной коре, что приводит вначале к пластическим деформациям, а затем разрывным.

2. *Колебательные*, выражающиеся в медленном поднятии и опускании отдельных участков земной коры, приводящие к образованию поднятий и прогибов. Средняя скорость современных колебательных движений составляет 5...15 мм/год;

3. *Складчатые*, обуславливающие смятие горизонтальных слоев земной коры в складки.

4. *Разрывные*, приводящие к разрывам слоев и массивов горных пород.

Тектонические движения вызывают такие явления, протекающие в земной коре, как:

- 1) радиальные и тангенциальные движения;
- 2) сейсмические явления;
- 3) морскую трансгрессию и регрессию;
- 4) дрейф континентов.

Радиальные движения направлены от центра земного шара к поверхности (по радиусу) или наоборот. Эти движения вызывают поднятие и опускание участков земной коры.

Горизонтальные (тангенциальные) тектонические движения - направлены перпендикулярно радиальным, т.е. вдоль земной поверхности. Эти движения приводят к смятию земной коры и образованию гор и хребтов.

Сейсмические явления проявляются в виде упругих колебаний земной коры, которые связаны с механическими импульсами. Сотрясения сейсмического происхождения вызывают на земной поверхности: землетрясения, а на море - моретрясения, сопровождающиеся гигантской волной - цунами.

В недрах Земли возникает очаг, вызывающий образование сейсмических колебаний. Такой очаг называют *гипоцентром* землетрясения. Непосредственно над гипоцентром на поверхности земли находится *эпицентр*.

От гипоцентра распространяются упругие колебания (сейсмические волны) в виде глубинных: продольных и поперечных волн.

Морская трансгрессия - это затопление морем пониженных участков суши.

Морская регрессия - отступление моря.

Дрейф континентов - это крупномасштабные горизонтальные перемещения континентальных блоков. Горизонтальное движение плит происходит за счёт мантийных теплогравитационных течений - *конвекции*. С помощью спутникового оборудования установлено, что дрейф Америки осуществляется в за-

падном направлении со скоростью 15 мм/год; дрейф Австралии осуществляется в восточном направлении со скоростью 70 мм/год.

Подробное изложение материала представлено в учебном пособии «Дорожное грунтоведение и механика земляного полотна». Автор Бабаскин Ю.Г. Минск «Новое знание», Москва «ИНФРА-М» 2013. – С. 462. (Глава 2, с 42...54).

Тема 2.2. ЭКЗОГЕННЫЕ ПРОЦЕССЫ КЛИМАТИЧЕСКОГО ХАРАКТЕРА И ВЫЗВАННЫЕ ИМИ ЯВЛЕНИЯ

Экзогенными называют процессы, происходящие на поверхности земного шара под воздействием солнечной энергии, климатических факторов, воздействием воды, температуры и давления. Экзогенные процессы подразделяются на процессы: климатического и водного характера. Обязательный фактор возникновения экзогенных процессов – наличие воды и температуры.

Все экзогенные процессы ведет к разрушению горных пород, которое в инженерной геологии имеет термин – выветривания.

Выветривание – это совокупность процессов разрушения горных пород, изменения их химического и минералогического составов в результате внешних воздействий (разности температур, давлений, солнечной радиации, атмосферных осадков, подземной воды, жизнедеятельности микроаргонизмов).

Выветривание подразделяется на: физическое или механическое, химическое, биологическое или органическое.

Физическое выветривание – это возникновение температурных напряжений в горной породе, вызываемое колебанием температуры, а также водой, попавшей в трещины и замерзшей, в результате чего развивается боковое давление, приводящее к раскрытию трещины.

Химическое выветривание – происходит под действием газов, содержащихся в атмосфере, а также воды с растворенными в ней солями и кислотами.

Биологическое (органическое) выветривание – проявляется в разрушении горных пород в процессе жизнедеятельности живых организмов и растений.

К экзогенным процессам климатического характера относятся: криогенные и эоловые процессы.

Криогенные процессы – это процессы, происходящие в горных породах, залегающих в криолитозоне. *Криолитозона* – это область развития мерзлых пород, имеющих нулевую или отрицательную температуру в течение ряда лет. К криогенным процессам относятся: льдистость, наледи, полигонально-жильные образования, ледники, криогенная десерпция, солифлюкция.

Льдистость – это состояние грунта, при котором его поры частично заполнены кристаллами замерзшей воды. Это состояние характерно для влажных, но не для водонасыщенных грунтов.

Наледи – это послойное замерзание воды на поверхности земли, в результате многократного излияния вод подземных источников.

Полигонально-жильные образования возникают на основе морозобойного растрескивания горных пород. Сетка трещин, образованная в породе, заполняется водой, которая замерзает и увеличивает размеры трещин.

Ледник – это естественное скопление льда на земной поверхности. Образуется там, где твердые атмосферные осадки отлагаются больше, чем происходит их таяние и испарение.

Криогенная десертция (сползание) происходит в результате пучения грунта, направленного по нормали к поверхности залегания, с последующим оттаиванием, в результате которого под действием сил гравитации, грунт перемещается по склону вниз. Этот процесс носит циклический характер.

Криогенная солифлюкция - медленное течение увлажненных грунтов по склонам, связанное с наличием многолетнемерзлых пород и промерзанием — протаиванием (сезонным или кратковременным).

Эоловыми - называют процессы, происходящие под действием силы ветра.

К эоловым процессам относятся: дефляция, коррозия, эоловые аккумуляции, причем первые два процесса носят разрушительный характер.

Дефляцией называется разрушение, раздробление и выдувание рыхлых горных пород на поверхности Земли вследствие непосредственного давления воздушных струй. Разрушение с помощью твердых частиц носит название *коррозии*.

Эоловые аккумуляции представлены барханами и дюнами.

Бархан – это холм сыпучего песка, навешанного ветром и не закрепленного растительностью.

Дюна – песчаные холмы или гряды, возникающие под воздействием ветра на пологих берегах морей, рек, озер.

Подробное изложение материала представлено в учебном пособии «Дорожное грунтоведение и механика земляного полотна». Автор Бабаскин Ю.Г. Минск «Новое знание», Москва «ИНФРА-М» 2013. – С. 462. (Глава 3, с54...58).

Тема 2.3. ЭКЗОГЕННЫЕ ПРОЦЕССЫ ВОДНОГО ХАРАКТЕРА И ВЫЗВАННЫЕ ИМИ ЯВЛЕНИЯ

К экзогенным процессам водного характера относятся: растворение, суффозия, размывание и заболачивание.

Растворение в инженерной геологии связано с выщелачиваемостью карбонатных и сульфатных пород и зависит от: растворимости слагающих их солей, температуры воды, скорости движения воды.

Суффозия – сложный геологический процесс, включающий химическое растворение солей и вынос подземными водами мелких минеральных частиц из обломочных горных пород. Различают суффозию: механическую – контактную и внутрипластовую, химическую.

Механическая суффозия возникает, когда движущаяся вода отрывает от породы и выносит во взвешенном состоянии частицы (глинистые, пылеватые, песчаные).

Контактная суффозия – это когда выносимые частицы проникают из одного слоя в толщу другого.

Внутрипластовая суффозия – выносимые частицы переносятся в пределах одного пласта.

Химическая суффозия – процесс растворения водой химических соединений и вынос продуктов разрушения вместе с водой.

Размывание – отделение частиц грунта от общего массива водным потоком или волной и перенос этих частиц на значительные расстояния (реки, моря, озера, водохранилища). Размывание может быть: статическим и динамическим.

По размываемости горные породы делятся на:

- очень легко размываемые (пески, супеси);
- легкоразмываемые (лессы);
- среднеразмываемые (мелкий галечник, глинистые породы);
- трудно размываемые (крупный галечник);
- очень трудно размываемые (аргиллиты, мергели, песчаники);
- исключительно трудно размываемые (магматические и метаморфические породы).

Процесс размыва горных пород называется *эрозией*. Различают эрозию: донную – размыв дна реки, береговую – размыв берегов.

Донная эрозия ведет к углублению и обмелению рек за счет переноса частиц грунта и отложения их на участках с меньшей скоростью движения воды.

Береговая эрозия ведет к изменению положения русла реки.

Заболачивание – процесс насыщения увлажненных участков земной поверхности органическими веществами, приводящий к образованию торфа.

Болото - избыточно увлажненный в течение большей части года участок земли, характеризующийся специфической болотной растительностью, накоплением неразложившегося органического вещества с последующим превращением его в торф. По режиму питания болота подразделяют на: низинные, верховые и переходные.

Низинные – питаются грунтовой и частично речной или озерной водой, а также дождевыми и тальными водами. Низинные болота (81,7 % от всех болот РБ, в основном расположены на юге республики) характеризуются: сильная обводненность, степень разложения торфа 30...40 %, зольность торфа 8...12 %.

Верховые - основным поставщиком воды являются атмосферные осадки и талые воды. Верховые болота (13,5 % болот РБ, распространены на севере республики) характеризуются: слабая обводненность, степень разложения торфа 5...15 %, зольность торфа 1,5...3,5 %.

Переходные – имеют смешанное питание. Переходные (4,8 % болот РБ): степень разложения торфа 20...35 %, зольность торфа 4...7 %.

В Республике Беларусь болота занимают 2,5 млн. га, что составляет 12,4 % общей территории.

Классификация болот по ТКП 200-2009 (Автомобильные дороги. Земляное полотно. Правила проектирования) предусматривает их разделение на три типа:

1-й тип – болото, заполненное болотными грунтами, прочность которых в природном состоянии обеспечивает возможность возведение насыпи высотой до 3 м без возникновения процесса бокового выдавливания слабого грунта;

2-й тип – болото, содержащее в пределах болотной толщи хотя бы один слой, который может выдавливаться при некоторой интенсивности возведения насыпи высотой до 3 м, но не выдавливается при меньшей интенсивности возведения насыпи.

3-й тип – болото, содержащее в пределах болотной толщи хотя бы один слой, который при возведении насыпи высотой до 3 м выдавливается независимо от интенсивности возведения насыпи.

Подробное изложение материала представлено в учебном пособии «Дорожное грунтоведение и механика земляного полотна». Автор Бабаскин Ю.Г. Минск «Новое знание», Москва «ИНФРА-М» 2013. – С. 462. (Глава 3, с 58...67).

Тема 2.4. ГРАВИТАЦИОННЫЕ ПРОЦЕССЫ И ВЫЗВАННЫЕ ИМИ ЯВЛЕНИЯ

Гравитационные процессы – это процессы изменения поверхности Земли под непосредственным воздействием силы тяжести. Обязательный фактор гравитационных процессов - напряженное состояние породы или среды. Гравитационные геологические процессы вызывают такие явления как: обвалы, осыпи, оползни, сели, снежные лавины.

Обвал - это отделение от массива крупного блока горных пород на крутом обрывистом склоне, происходящее вследствие потери устойчивости под влиянием различных факторов. Обвалы происходят на склонах, монолитность которых нарушена трещинами.

Осыпь - это накопление, образующееся при скатывании со склонов обломков пород различных размеров. В результате происходит скопления обломков горных пород у основания и в нижней части крутых горных склонов. Осыпи являются следствием выветривания скальных горных пород.

Характерной особенностью осыпей является их подвижность. По этому признаку они подразделяются на: действующие, затухающие, неподвижные.

Действующие осыпи лишены всякой растительности, масса обломков нарастает и находится в рыхлом состоянии. Осыпь приходит в движение за счёт увеличения общего веса, сильного увлажнения, толчков землетрясений.

Затухающие осыпи – для них свойственно развитие растительности (кустарники, слабый дерновой слой), они слабо подвижные.

Неподвижные осыпи полностью задернованы, покрыты кустарником и даже лесом, отдельные частицы представляют собой уплотнившуюся массу. Поступление нового материала не наблюдается.

Оползни – это движение масс пород на склоне, происходящее в результате сдвига грунта, под воздействием собственного веса грунта, воды и нагрузки (сейсмической, вибрационной). По скорости движения оползни подразделяют-

ся: исключительно быстрые (0,3 м/мин); быстрые (1,5 м/сутки); умеренные (1,5 м/месяц); очень медленные (1,5 м/год); исключительно медленные (0,06 м/год).

Сель – это стремительный поток смеси воды и обломков горных пород, внезапно возникающий в бассейне небольшой горной реки или горного озера, и спускающийся от места возникновения к подножью склонов. По условиям образования подразделяются на: ливневые и гляциальные.

Ливневые сели – это сели, возникшие в результате выпадения обильных дождей.

Гляциальные сели – это сели возникшие в результате прорыва береговой оболочки высокогорного озера.

Снежные лавины - это быстрый сход с горного склона снежного покрова, утратившего связь с подстилающей поверхностью. Большое количество снега не является обязательным условием для возникновения лавины, необходима перекристаллизация снега. Это происходит на склонах подвергнутых прямому воздействию солнечной радиации. Под действием солнца маленькие кристаллы снега начинают оплавляться и срастаться с другими, образуя ледяные шарики, которые составляют рыхлую массу. Этот процесс приводит к разрыхлению снега, который, в зависимости от резонанса или колебательного движения, может прийти в движение.

По характеру движения снежные лавины характеризуются как: снежные осовы (оползни); лотковые лавины; прыгающие лавины.

Осовы – это снежные лавины, соскальзывающие по всей поверхности склона вне определенного русла.

Лотковая лавина – это масса снега, движущаяся по строго фиксированному руслу и образующие у подошвы склона конус выноса.

Прыгающая лавина – это масса снега, движущаяся по логу, в котором имеются отвесные участки, способствующие скачкообразному сходу – отрыву лавины в виде прыжка со свободным падением на дно долины.

Подробное изложение материала представлено в учебном пособии «Дорожное грунтоведение и механика земляного полотна». Автор Бабаскин Ю.Г. Минск «Новое знание», Москва «ИНФРА-М» 2013. – С. 462. (Глава 4, с 67...78).

Раздел III. ГЕОЛОГО-ЛИТОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ГОРНЫХ ПОРОД

Тема 3.1. ПОРОДООБРАЗУЮЩИЕ МИНЕРАЛЫ

Минерал – природные химические образования или самородные элементы, являющиеся продуктами сложных физико-химических процессов, протекающих в земной коре или на ее поверхности.

Различают три основных процесса образования минералов:

Эндогенный – связан с внутренними силами Земли. Минералы формируются из магмы (кварц, силикаты и др.).

Экзогенный – минералы образуются на поверхности земной коры. Так образуются глинистые минералы (каолинит, монтмориллонит), железистые соединения (сульфиды, оксиды и др.).

Метаморфический – преобразование минералов, образованных экзогенным процессом, под воздействием высоких температур и давлений (роговая обманка, актинолит и др.).

Атомы в кристаллах расположены закономерно наподобие узлов пространственной решетки. Благодаря этому минералы имеют вид правильных многогранников.

В образовании минералов наиболее активно принимают участие следующие соединения:

- кремнезем – SiO_2 ;
- глинозем – Al_2O_3 ;
- окись – FeO , и закись железа – Fe_2O_3 ;
- окислы щелочноземельных и щелочных металлов MgO , CaO , Na_2O , K_2O .

Породообразующими называют минералы, входящие в состав большинства горных пород (их около 100). К породообразующим минералам относятся силикаты и алюмосиликаты, которые по кристаллохимической структуре разделяются на пять групп:

- 1) островные (отдельные кольца);
- 2) цепочечные (одномерная цепочка);
- 3) ленточные (сдвоенная цепочка);
- 4) листовые (двухмерные);
- 5) каркасные (трехмерные).

Островные силикаты и алюмосиликаты представлены:

- единичным изолированным тетраэдром $(\text{SiO}_4)^{4-}$;
- диортогруппой $(\text{Si}_2\text{O}_7)^{6-}$;
- группой из трех тетраэдров, связанных в кольцо $(\text{Si}_3\text{O}_9)^{6-}$;
- группой из четырех тетраэдров, связанных в кольцо $(\text{Si}_4\text{O}_{12})^{8-}$;
- группой из шести тетраэдров, связанных в кольцо $(\text{Si}_6\text{O}_{18})^{12-}$.

Первичные минералы – это минералы, полностью перешедшие в состав горных пород в неизменном виде (кварц, полевой шпат, слюды и др.).

Вторичные – образуются в результате химических изменений первичных пород. Ко ним относятся глинистые минералы, входящие в следующие группы:

- 1) каолинита;
- 2) монтмориллонита;
- 3) гидрослюды.

В группу *каолинита* входят минералы: каолинит; галлуазит и др. Минералы группы каолинита обладают:

- прочной неподвижной кристаллической решеткой;
- небольшой набухаемостью при увлажнении;
- малой способностью к поглощению различных веществ.

В группу *монтмориллонита* входят минералы: монтмориллонит; бейделит и др.

Монтмориллонит глинистый минерал из подкласса слоистых силикатов.

Минералы группы монтмориллонита характеризуются:

- более высокой дисперсностью (раздробленностью);
- пластичностью;
- водопоглощением - при увлажнении их объем увеличивается в 10...20 раз;
- чрезмерной липкостью;
- сильным набуханием;
- большой осадкой при высыхании.

Гидрослюда по своим свойствам занимает промежуточное положение между каолинитом и монтмориллонитом.

Среди глинистых пород преобладающими минералами являются:

- гидрослюда – 60 %;
- монтмориллонит – 30 %;
- каолинит – 10 %.

Подробное изложение материала представлено в учебном пособии «Дорожное грунтоведение и механика земляного полотна». Автор Бабаскин Ю.Г. Минск «Новое знание», Москва «ИНФРА-М» 2013. – С. 462. (Глава 5. С. 78...96)

Тема 3.2. ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ МАГМАТИЧЕСКИХ ГОРНЫХ ПОРОД

Горные породы – минералогическое образование, возникшее в земной коре или на ее поверхности в результате затвердевания, накопления или преобразования минеральных соединений, состоящее из одного или, как правило, из агрегатов нескольких минералов, обладающее постоянным минеральным составом и образующее земную кору

В основе генетического изучения горных пород лежит их подразделение на три основные группы: магматические, метаморфические и осадочные

Магматические горные породы образуются в результате внедрения и остывания, проникших с глубин в земную кору, магматических масс (каменных расплавов) или излияния их на поверхность.

Химический состав определяется составом минералов – окислами и силикатами:

- окислы - SiO_2 (например, кварц);
- силикаты – сложные соединения элементов: Si, Al, Fe, Ca, Mg, Na, K, O, H, в виде различных солей кремниевых кислот.

В зависимости от содержания SiO_2 магматические породы подразделяются на:

- 1) кислые ($\text{SiO}_2 = 65...75 \%$);
- 2) средние ($\text{SiO}_2 = 52...65 \%$);
- 3) основные ($\text{SiO}_2 = 40...52 \%$);
- 4) ультраосновные (SiO_2 до 40 %).

Содержание SiO_2 влияет на изменение физических свойств породы.

1. Окраска от кислых к основным изменяется от светлой до темной, поскольку уменьшается содержания кварца и увеличивается содержание цветных минералов. Светлоокрашенные породы называются - *лейкократовыми*. Темноокрашенные породы же, состоящие из темноокрашенных минералов, называются - *меланократовыми*

2. Плотность от кислых (2,6-2,7 г/см³) к основным (2,8-3,1 г/см³) увеличивается.

3. Температура плавления от кислых к основным понижается.

По происхождению магматические горные породы подразделяются на:

- *интрузивные* (глубинные) – формирование структура происходило при медленном остывании магмы (гранит, сиенит, диорит, габбро, передотит и др.);

- *эффузивные* (излившиеся) – магма остывала быстро в результате излияния или извержения на поверхность (базальт, порфир, обсидиан, пемза, диабаз и др.);

- *гипабиссальные* (жильные) – магма остывала в трещинах и поэтому скорость ее остывания занимает промежуточное положение (жильный гранит, пегматит, гранит-порфир, габбро-диабаз и др.).

Внутреннее и внешнее строение горной породы характеризуются структурой и текстурой.

Структура – это внутреннее строение, обусловленное размерами, формой и количественным соотношением минералов. Структура интрузивных пород полнокристаллическая (зернистая) – все вещество раскристаллизовано в агрегатные минералы. В зависимости от размеров зерен структура разделяется на:

- *крупнозернистую* (от 1 до 5 мм);

- *среднезернистую* (от 0,5 до 1 мм);

- *мелкозернистую* (менее 0,5 мм).

Текстура – это особенности внешнего облика породы, характеризуемого порядком размещения минеральных зерен, их ориентировкой и окраской.

Текстура интрузивных пород:

- *массивная* (плотная) – характеризуется беспорядочным расположением минералов в горной породе;

- *пятнистая* или *полосчатая* – отличается неравномерным распределением темных и светлых минералов в объеме породы.

Текстура эффузивных пород:

- *пористая* – характерна для пород, во время кристаллизации которых происходило бурное выделение газов, содержит видимые глазом равномерно распределенные пустоты;

- *пузыристая* – отличается от пористой большими размерами пор.

Магма изверженных пород застывает в виде различных по форме тел: батолита, штока, лакколита, дайки, силлы и др.

Батолит – крупный интрузивный массив, по площади до 10 тыс. км², по глубине имеют мощность от 3 до 15 км. В основном батолиты представлены

интрузивными породами кислого или среднего состава — гранитами, диоритами.

Шток – тот же батолит, но меньшего размера.

Лакколит – караваеобразная интрузия, имеющий в разрезе грибообразную или куполообразную форму кровли и относительно плоскую подошву.

Силла — интрузивное тело, имеющее форму слоя, контакты которого параллельны слоистости вмещающей толщи. Силлы образуются при внедрении магмы вдоль поверхностей напластования.

Дайка — интрузивное тело, длина которого во много раз превышает ширину.

Покров – застывшая магма, растекшаяся по поверхности.

Подробное изложение материала представлено в учебном пособии «Дорожное грунтоведение и механика земляного полотна». Автор Бабаскин Ю.Г. Минск «Новое знание», Москва «ИНФРА-М» 2013. – С. 462. (Глава 6. С. 96...110)

Тема 3.3. ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ МЕТАМОРФИЧЕСКИХ ГОРНЫХ ПОРОД

Метаморфическими называют породы магматического или осадочного происхождения, подвергшиеся воздействию большого давления, высокой температуры, минерализованных растворов и газов, приведшие к перекристаллизации исходных пород.

Различают три формы метаморфизма:

1) *контактный* – возникает в месте контакта расплавленной магмы с ранее сформировавшейся горной породой.

2) *динамометаморфизм* – возникает при горообразовании, когда на горную породу сверху действует масса гор, а снизу давление расплавленной магмы с высокой температурой;

3) *региональный* – возникает в процессе надвижки плит одна на другую, часть пород переходит в более низкий регион с высокими температурами и давлением.

Контактный метаморфизм проявляется на контактах магматических расплавов, внедряющихся в земную кору, с обычными породами.

Динамометаморфизм проявляется, главным образом, в верхних частях земной коры, в зонах развития тектонических движений дислокационного характера.

Региональный метаморфизм является наиболее распространенным и важным видом метаморфизма, поскольку охватывает огромные площади или целые регионы.

Магматические породы в процессе метаморфизма ухудшают свои строительные свойства, - появляется трещиноватость и полосчатость. Осадочные породы в процессе метаморфизма наоборот улучшают свои строительные свой-

ства: уплотняются, обжигаются, перекристаллизовываются и переходят в ряд скальных пород

По физико-механическим свойствам метаморфические горные породы близки к магматическим, от которых отличаются анизотропностью.

Анизотропность – проявление различных физических свойств в зависимости от плоскости изучения. Анизотропность обусловлена сланцеватостью. *Сланцеватость* – структура горных пород и отдельных плоскостей делимости (листоватости).

Структура метаморфических пород полнокристаллическая с характерным ростом кристаллов, который обозначается термином с окончанием *бластовая* или *бластическая*. Структура метаморфических пород

- кристаллобластическая;
- гомобластическая (равномернозернистая);
- гетеробластическая (неравномернозернистая);
- гранобластическая (зернистая);
- лепидобластическая (листоватая);
- реликтовая (на образование структуры влияние оказала материнская горная порода).

Текстура метаморфических пород:

- сланцевая (порода распадается на тонкие плитки и пластинки);
- полосчатая (чередование различных по минеральному составу полос);
- пятнистая (наличие в породе пятен, отличающихся по цвету, составу);
- массивная (отсутствие ориентировки породообразующих минералов);
- плойчатая (порода собрана в мелкие складки).

Под действием климатических и тектонических факторов в горных породах возникают трещины, которые переплетаясь между собой образуют сетку трещин.

Трещина – это разрывы между отдельными частями или агрегатами горной породы, возникшими в результате разрушение жестких структурных связей. Любая горная порода характеризуется *трещиноватостью*. Трещины подразделяются на зияющие и выполненные.

Зияющие – это свободные трещины, не заполненные никакими продуктами разрушения с шириной раскрытия от долей миллиметра до нескольких метров.

Выполненные – это трещины, заполненные осадочными породами.

По происхождению трещины подразделяются на виды: формирования, деформации и выветривания.

Трещины формирования возникают при кристаллизации магматических масс, происходящей при остывании магмы.

Трещины деформации возникают под действием тектонических явлений в виде изгиба, растяжения, скола, разлома, раздробления

Трещины *выветривания* подразделяются на трещины: опускания, пучения, физического, химического и биологического выветривания.

Трещины *опускания* возникают в карстовых районах при провале кровли пещер, пустот, искусственных выработок.

Возникновение трещин *пучения* связано с залеганием глинистого грунта, состоящего из минералов класса монтмориллонита.

Физическое выветривание образует: трещины *усыхания* - возникающие при потере воды в глинистых и лессовых породах; трещины *сокращения и расширения* – возникающие при низких и высоких температурах.

Химическое выветривание способствует развитию трещин разложения и выщелачивания. Трещины *выщелачивания* образуются под воздействием атмосферных и грунтовых вод.

Трещины *биологического выветривания* включают трещины бактериального разложения – заполненные растительными и животными остатками.

Подробное изложение материала представлено в учебном пособии «Дорожное грунтоведение и механика земляного полотна». Автор Бабаскин Ю.Г. Минск «Новое знание», Москва «ИНФРА-М» 2013. – С. 462. (Глава 7. С. 110...123)

Тема 3.4. ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ОСАДОЧНЫХ ГОРНЫХ ПОРОД

Осадочными – называют породы, образованные при осаждении и накоплении продуктов физического и химического разрушения (выветривания) исходных пород с последующим уплотнением и цементацией.

Стадии образования осадочных горных пород:

- 1) физическое и химическое выветривание исходных пород;
- 2) перенос водой или воздухом продуктов разрушения;
- 3) отложение и накопление продуктов переноса;
- 4) формирование пород, сопровождающееся процессами – диагнеза и эпигенега.

Диагенез – формирование породы из рыхлого осадка в процессе его уплотнения под давлением вышележащих, перекрывающих его, масс.

Эпигенез – формирование породы из рыхлого осадка под воздействием двух, одновременно протекающих, процессов: уплотнения вышележащими слоями и цементации рыхлого осадка веществами, залегающими в земной коре и находящимися в растворенном состоянии в подземных водах.

При воздействии экзогенных процессов климатического и водного характера на любую горную породу, последняя подвергается выветриванию, т.е. разрушению. В результате трещинообразования от кристаллических скальных пород отделяются большие и малые *глыбы*, которые в результате трения друг о друга и о соседние скальные породы, а также воздействия воды, обтачивают свои острые и шероховатые плоскости. Такие элементы горных пород имеют свой термин – *валуны*. При образовании глыб и валунов, размером более 200 мм, а также сами глыбы и валуны разрушаясь, образуют более мелких элементов размером от 200 мм до 10 мм, которые называются:

- с шероховатой поверхностью – *щебень*,
- с гладкой и полированной – *галька*.

Щебень и галька разрушаются с образованием еще более мелких элементов, размером от 10 мм до 2 мм:

- *дресвы* – с шероховатой поверхностью,
- *гравия* – с гладкой.

Все вышеназванные элементы относятся к *крупнообломочным*.

Крупнообломочные элементы разрушаются с образованием еще более мелкой формации размером от 2 до 0,05 мм – *песка*. Песок разрушается с образованием следующей формации размером от 0,05 до 0,005 мм – *пыли*. И при разрушении всех крупнообломочных и песчаных формаций образуются самые мелкие природные частицы горных пород, размером менее 0,005 мм, – *глинистые*, которые вместе с песчаными и пылеватыми частицами образуют природные смеси называемые – *супесями, суглинками и глинами*.

По степени связности осадочные горные породы могут быть: *рыхлые и цементированные*.

По происхождению осадочные породы подразделяются на:

- *обломочные* – образовались из твердых продуктов выветривания, которые в свою очередь подразделяются на: собственно-обломочные и глинистые;
- *органогенные* – образовались в результате деятельности различных организмов;
- *химические* – образовались в результате естественного выпаривания растворенных в воде солей.

По *минералогическому составу* осадочные породы подразделяются на:

- *мономиктовые* (однородные) – состоящие более чем на 90 % из одного минерала;
- *олигомиктовые* (малосмешанные) – один минерал составляет 60...90 %, а другие образуют смесь;
- *полимиктовые* (сильносмешанные) – порода состоит из смеси различных минералов, среди которых нет преобладающего.

Структура осадочных пород весьма разнообразна и может быть:

- *равнозернистая* – зерна одного размера;
- *разнозернистая* – зерна разного размера;
- *оолитовая* – зерна округлой формы и размером 1...2 мм;
- *листовая* – порода имеет листово-слоистое сложение;
- *игольчатая* – зерна имеют игольчатую форму;
- *волокнистая* – порода составлена из частиц волокнистой формы;
- *брекчиевидная* – порода состоит из спаянных остроугольных обломков.

По характеру взаимного расположения частиц в осадочных породах выделяют следующие *текстуры* :

- *беспорядочная* – слагающие минералы расположены хаотично;
- *полосчатая* – поверхности слоистости параллельно или волнообразно изгибаются и выклиниваются;
- *слоистая* – порода разделяется на тонкие слои в связи с частой сменой зерен различного размера.

По *пористости* осадочные породы подразделяются на:

- *плотные*, в которых пористость не заметна на глаз;
- *мелкопористые*, в которых можно различить мелкие частые поры;
- *крупнопористые*, где величина пор колеблется от 9,5 до 2,5 мм;
- *кавернозные*, где крупные поры представляют собой сложные пустоты - каверны.

По *величине обломков* осадочные горные породы подразделяются на следующие основные группы:

- *крупнообломочные (псефитовые)* - с частицами более 2 мм;
- *песчаные (псаммитовые)* – с частицами от 2 до 0,05 мм;
- *пылеватые (алевритовые)* – с частицами от 0,05 до 0,005 мм;
- *глинистые (пелитовые)* – с частицами менее 0,005 мм.

По *форме частиц*, входящих в состав породы:

- *угловатые* – неокатанные;
- *округло-угловатые* – полуокатанные;
- *округло-полированные* – окатанные.

К собственнообломочным рыхлым относятся такие элементы горных пород как: глыба, валун, щебень, галька, дресва, гравий, песок, пыль.

К собственнообломочным сцементированным относятся такие элементы горных пород, как: брекчия, конгломерат, песчаник, алевролит, аргиллит.

К глинистым рыхлым горным породам относятся: супесь, суглинок, глина.

Супесь – рыхлая глинистая порода с содержанием глинистых частиц размером менее 0,005 мм от 3 до 10 %.

Суглинок – рыхлая глинистая порода с содержанием глинистых частиц размером менее 0,005 мм от 10 до 30 %.

Глина - рыхлая глинистая порода с содержанием глинистых частиц размером менее 0,005 мм свыше 30 %.

Подробное изложение материала представлено в учебном пособии «Дорожное грунтоведение и механика земляного полотна». Автор Бабаскин Ю.Г. Минск «Новое знание», Москва «ИНФРА-М» 2013. – С. 462. Глава 8. С. 123...131.

Тема 3.5. ХАРАКТЕРИСТИКА ГРУНТОВ

Грунт – это любая горная порода, почва или искусственное образование, слагающая верхний слой земной коры, изучаемая как многокомпонентная система, изменяющаяся во времени и применяемая при возведении инженерных сооружений в качестве основания, среды или материала.

В строительстве грунты классифицируются Стандартом Республики Беларусь (СТБ) 943-2007 «Грунты. Классификация». Данный стандарт рассматривает грунты:

- с жесткими (кристаллизационными) структурными связями (класс скальных грунтов, к которым относятся магматические, метаморфические, осадочные сцементированные и искусственные);

- без жестких структурных связей (класс нескальных дисперсных грунтов, к которым относятся: осадочные несцементированные и искусственные).

Классификация основана на разделении грунтов на таксономические единицы: класс, группа, подгруппа, тип, вид и разновидность.

Класс - разделение по характеру структурных связей (кристаллизационные, конденсационные и коагуляционные).

Группа - разделение по происхождению (магматические, метаморфические, осадочные, искусственные).

Подгруппа - разделение по условиям образования (интрузивные, эффузивные, метаморфизированные, биогенные, химические, лессовые, озерные, почвы, насыпные, намывные).

Тип - разделение по петрографическому и гранулометрическому составам, числу пластичности.

Вид - разделение по структуре, текстуре, составу примесей, содержанию заполнителя или включений, однородности, пористости, содержанию органического вещества, степени зольности, степени уплотнения, возрасту намывного грунта.

Разновидность - разделение по физическим, механическим, химическим свойствам и состоянию.

По гранулометрическому составу крупнообломочных грунтов классифицируются:

- *валунный* грунт (при преобладании неокатанных частиц – *глыбовый*) – масса частиц крупнее 200 мм более 50 %;
- *галечниковый* грунт (при преобладании неокатанных частиц – *щебенистый*) – масса частиц крупнее 10 мм – более 50 %;
- *гравийный* грунт (при преобладании неокатанных частиц – *древянный*) – масса частиц крупнее 2 мм – более 50 %.

По составу и содержанию заполнителя крупнообломочных грунтов классифицируются:

- *с песчаным заполнителем* – при его содержании более 40 %;
- *с глинистым заполнителем* – при его содержании более 30 % (состав заполнителя устанавливается после удаления из образца грунта частиц крупнее 2 мм).

По гранулометрическому составу песчаные грунты классифицируются:

- *гравелистый* – масса частиц крупнее 2 мм – более 25 %;
- *крупный* – масса частиц крупнее 0,5 мм – более 50 %;
- *средний* – масса частиц крупнее 0,25 мм – более 50 %;
- *мелкий* – масса частиц крупнее 0,1 мм более 75 %;
- *пылеватый* – масса частиц крупнее 0,1 мм – менее 75 %.

Песчаные грунты классифицируются по прочности, которая оценивается по результатам зондирования - удельному сопротивлению под конусом зонда и условному динамическому сопротивлению:

- *прочный*;
- *средней прочности*;

- *малопрочный*.

Крупнообломочные и песчаные грунты классифицируются по степени влажности на:

- *маловлажный* (степень влажности от 0 до 0,5);
- *влажный* (степень влажности от 0,5 до 0,8);
- *водонасыщенный* (степень влажности от 0,8 до 1,0).

Классификация глинистых грунтов по числу пластичности:

- *супесь* (число пластичности от 1 до 7);
- *суглинок* (число пластичности от 7 до 17);
- *глина* (число пластичности более 17);

Классификация глинистых грунтов по содержанию включений по массе:

- *с галькой (щебнем) либо с гравием (дресвой)* (содержание соответствующих частиц крупнее 2 мм от 15 до 25 %);
- *галечниковый (щебенистый) либо гравелистый (дресвянный)* (содержание соответствующих частиц крупнее 2 мм 25...50 %).

Глинистые грунты классифицируются по прочности, которая оценивается такими же показателями, как и песчаные грунты: по результатам зондирования - удельному сопротивлению под конусом зонда и условному динамическому сопротивлению:

- *очень прочные*
- *прочные*
- *средней прочности*
- *слабые*

В отличие от крупнообломочных и песчаных грунтов глинистые грунты по влажности классифицируются по показателю текучести отдельно для супеси и отдельно для суглинка и глины:

- *супесь*:
 - *твердая* (показатель текучести менее нуля);
 - *пластичная* (показатель текучести от нуля до единицы);
 - *текучая* $I_L > 1$ (показатель текучести более единицы);
- *суглинок и глина* :
 - *твердые* (показатель текучести менее нуля);
 - *полутвердые* (показатель текучести от нуля до 0,25);
 - *тугопластичные* (показатель текучести от 0,25 до 0,5);
 - *мягкопластичные* (показатель текучести от 0,5 до 0,75);
 - *текучепластичные* (показатель текучести от 0,75 до 1,0);
 - *текучие* (показатель текучести более 1,0);

В соответствии с Техническим кодексом установившейся практики (ТКП 45-3.03-19-2006) типы и подтипы глинистых грунтов классифицируются, по содержанию песчаных частиц и числу пластичности, следующим образом:

- *супесь*:
 - *легкая крупная*;
 - *легкая*;

- пылеватая;
- тяжелая пылеватая;
- суглинок:
 - легкий;
 - легкий пылеватый;
 - тяжелый;
 - тяжелый пылеватый;
- глина:
 - песчанистая;
 - пылеватая;
 - жирная.

Подробное изложение материала представлено в учебном пособии «Дорожное грунтоведение и механика земляного полотна». Автор Бабаскин Ю.Г. Минск «Новое знание», Москва «ИНФРА-М» 2013. – С. 462. Глава 8. С 134...140.

Раздел IV. РЕГИОНАЛЬНАЯ ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОЛОГИЯ

Тема 4.1. ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ТЕРРИТОРИИ БЕЛАРУСИ

Республика Беларусь занимает территорию площадью 207 600 км², относящуюся к западному региону Восточно-Европейской (Русской) платформы. Протяженность Республики Беларусь с севера на юг – 560 км, с востока на запад – 650 км. На юге в ее пределы входит северная часть Украинского кристаллического щита. Фундамент выходит на поверхность на крайнем юге – у деревни Глушкевичи Гомельской области.

В строении платформы выделяются два структурных яруса: нижний (кристаллический) и верхний (платформенный чехол).

Кристаллический фундамент сформировался в результате длительного многостадийного преобразования первичной земной коры. В районе кристаллического фундамента Республики Беларусь выделяются следующие структурные элементы:

- *синеклизы* Балтийская и Московская;
- *антеклизы* – Белорусская и Воронежская;
- *прогиб* – Припятский;
- *впадины* – Подляско-Брестская и Оршанская;
- *седловины* – Полесская, Латвийская, Жлобинская и Брагинско-Лоевская.

Центральную и западные части региона занимает *Белорусская антеклиза* – тектоническая структура с высоким (до +87 м) залеганием фундамента. Наиболее приподнятый участок антеклизы выделяется как Центрально-Белорусский массив. По северной и восточной периферии массива располагаются *Вилейский и Бобруйский погребенные выступы*. Между Вилейским погребенным высту-

пом и Центрально-Белорусским массивом в пределах Белорусской антеклизы выделяется *Воложинский грабен*.

Таким образом, строение поверхности кристаллического фундамента территории Беларуси достаточно разнообразно. По данным Л.А.Нечипоренко, антропогенный чехол кристаллического фундамента территории Республики Беларусь сформирован в результате надвигов пяти ледниковых покровов. В соответствии с этим, антропогенная толща включает следующие горизонты:

- 1) брестский предледниковый;
- 2) *наревский ледниковый*;
- 3) беловежский межледниковый;
- 4) *березинский ледниковый*;
- 5) александрийский межледниковый;
- 6) *днепровский ледниковый*;
- 7) шкловский межледниковый;
- 8) *сожский ледниковый*;
- 9) муравинский межледниковый;
- 10) *поозерский ледниковый*;

11) голоценовый - это не закончившийся отрезок четвертичного периода, начало которого совпадает с окончанием последнего материкового оледенения Северной Европы (около 10 тыс. лет назад).

Антропогенный покров – это толща горных пород, на которую воздействует человек путем строительства и разработки полезных ископаемых

Наибольшие толщи антропогенного покрова на территории Республики Беларусь залегают в северо-западной и центральной частях, где они достигают 200 – 300 м и более. К северу мощности антропогенного чехла уменьшаются до 40 – 60 м, к востоку до 50 – 80 м, а на юге и юго-востоке в среднем до 30 м.

В результате воздействия эндогенных и экзогенных процессов антропогенный покров территории Республики Беларусь приобрел современной состояние, которое характеризуется инженерно-геологическим районированием и системным залеганием грунтов.

Вертикальные зоны, входящие в антропогенный покров:

- *первая зона*: глубина - 1-2 м; объект изучения - почвы; вид строительства - дорожное и аэродромное;

- *вторая зона*: глубина - от 2 до 20 м; объект изучения - осадочные породы, преимущественно рыхлые; вид строительства – промышленное и гидротехническое;

- *третья зона*: глубина - сотни метров; объект изучения - горные породы с преобладанием твердых разновидностей; вид строительства - тоннели, метро, разработка полезных ископаемых.

Рельеф - совокупность неровностей суши, дна океанов и морей, разнообразных по очертаниям, размерам, происхождению, возрасту и истории развития.

Высота дневной поверхности Беларуси (кровли антропогенного покрова) составляет в среднем 159 м над уровнем моря. Низменные пространства (3/5

территории) находятся на абсолютных отметках 100...150 м, равнинные – 150...220 м. Перепад дневной поверхности составляет 266 м (80 м - в долине реки Неман, 346 м - на горе Дзержинской). Рельеф характеризуется преобладанием плоских и пологоволнистых равнин речных долин.

Северная часть Беларуси (Белорусское Поозерье) относится к области ледниково-аккумулятивного рельефа, в формировании которого главную роль сыграл последний из ледников - Поозерский. Большую часть данной области занимает почти плоская Полоцкая низина, отметки которой составляют 130...150 м. Со всех сторон низину окружают холмистые гряды и возвышенности.

Центральная часть республики имеет наиболее высокое положение. От района Гродно - Волковыск в северо-восточном направлении простирается Белорусская гряда созданная преимущественно Сожским ледником. В пределах данной гряды преобладают отметки 50...250 м. Наивысшей частью является Минская возвышенность, на которой выделяется гора Дзержинская. В северо-западном направлении расположена *Ошмянская* возвышенность (320 м). В западной части Белорусской гряды выделяются *Гродненская* (247 м), *Волковысская* (242 м), *Слонимская* (226 м), *Новогрудская* (323 м) возвышенности. На востоке республики расположена *Оршанская* возвышенность (212 м).

Южная часть республики включает *Брестское, Припятское, Мозырское и Гомельское Полесья*. В основном, поверхность Белорусского Полесья представляет пониженную заболоченную пологую слабоволнистую равнину. Отметки поверхности не превышают 150...160 м. Для Белорусского Полесья характерны обширные болотные массивы.

Подробное изложение материала представлено в учебном пособии «Дорожное грунтоведение и механика земляного полотна». Автор Бабаскин Ю.Г. Минск «Новое знание», Москва «ИНФРА-М» 2013. – С. 462. Глава 9. С. 141...152.

Раздел V. ОСНОВЫ ГРУНТОВЕДЕНИЯ

Тема 5.1. СТРУКТУРА И ФАЗЫ ГРУНТОВ

Грунт – это любая горная порода, почва или искусственное образование, слагающая верхний слой земной коры, изучаемая как многокомпонентная система, изменяющаяся во времени и применяемая при возведении инженерных сооружений в качестве основания, среды или материала.

Грунт, как объект изучения, может рассматриваться: как физическое тело – реальный, как математическая модель – идеальный и как физическая модель – фиктивный.

Грунт реальный – грунт, состоящий из произвольной комбинации частиц различной крупности, формы и количественного состава. Составляющими фазами реального грунта являются:

- *твердая* - минеральная и органическая части горных пород;

- *жидкая* - содержащиеся в пустотах природные воды;
- *газообразная* - газы в пустотах породы.

Твердая фаза образуется при разрушении горных пород и минералов. С уменьшением размеров частиц возрастает удельная поверхность грунта и усиливается проявление физико-химических сил, действующих на поверхности данных частиц.

Жидкая фаза включает воду, заполняющую промежутки между твердыми минеральными частицами с растворенными минеральными солями. Важнейшим показателем физико-химической природы грунтовых вод является *показатель концентрации водородных ионов - pH*.

Газообразная фаза соприкасается с жидкой и растворяется в ней, вступая при этом во взаимодействие с твердыми частицами. Газы в порах могут находиться в различном состоянии: свободном, адсорбированном, заземленном.

Адсорбированные газы на поверхности грунтовых частиц удерживаются молекулярными силами.

Идеальный грунт – математическая модель, в которой все поры цилиндрические, а оси цилиндров параллельны между собой (такая модель применяется для расчета фильтрационных свойств грунта).

Фиктивный грунт – физическая модель, в которой все частицы имеют шарообразную форму и одинаковый размер.

Природное состояние грунта - трехфазное, однако он может находиться и в двухфазном состоянии, когда промежутки между твердыми частицами целиком заполнены водой.

Грунты различаются по: составу и состоянию.

Состав грунтов может быть: химический, минералогический, петрографический, гранулометрический, микроагрегатный.

Состояние грунта характеризуется его плотностью и влажностью.

Строение грунта характеризуется его структурой и текстурой.

Структура грунта - пространственная организация компонентов грунта.

По *степени кристаллизации* выделяют следующие структуры: *полнокристаллические, некристаллические* или стекловатые, *смешанные* или полукристаллические.

По *размерам минеральных частиц* выделяют структуры: *крупнозернистые* (размер частиц более 5 мм), *среднезернистые* (размер частиц 1...5 мм), *мелкозернистые* (менее 1 мм), *разнозернистые* структуры.

Для глинистых грунтов характерна *агрегатная* структура, которая образуется благодаря процессу коагуляции.

Коагуляция - это слипание частиц в дисперсных системах, ведущее к уменьшению их числа и увеличению их массы.

Текстура (сложение) грунта – это совокупность признаков, характеризующих неоднородность залегания отдельных видов грунта в пластах, т.е. пространственное расположение слагающих грунт элементов. Текстура – отображает внешний облик грунта.

По способу заполнения пространства различают текстуры: *массивную, плотную, пористую*.

Между частицами и агрегатами грунта существуют связи, которые называются *структурными*. Существуют следующие структурные связи: химические (кристаллизационные), молекулярные, ионно-электростатические, электростатические, структурные связи магнитного характера.

Химические (кристаллизационные) структурные связи. Этот тип связи является наиболее прочным. Химические структурные связи наиболее характерны для пород с кристаллизационной структурой, к которым относятся все магматические, метаморфические породы. Они проявляются при небольших расстояниях между взаимодействующими атомами (порядка 0,5 – 3,5 Å) (Å – ангстрем равен 1×10^{-8} см).

Молекулярные структурные связи (коагуляционные). При сближении атомов или двух микроскопических тел, между ними возможно взаимодействие благодаря молекулярным (Ван-дер-Ваальсовым) силам. Молекулярные силы являются дальнедействующими и проявляются на расстоянии до 3 – 5 тыс. Å. В наибольшей степени молекулярные силы проявляются в сухих тонкодисперсных грунтах.

Ионно-электростатические структурные связи. Возникновение такого вида связи обусловлено наличием у коллоидных и глинистых частиц при взаимодействии их с растворами двойного электрического слоя. Механизм образования структурной связи между частицами за счёт ионно-электростатических сил во многом аналогичен межслоевым связям внутри кристаллов слюдястых минералов.

Электростатические структурные связи. При непосредственном контакте минеральных частиц друг с другом их поверхности могут приобретать некоторый заряд вследствие контактной электризации. При трении одни минералы (биотит, мусковит, гипс) заряжаются сильнее, другие – слабее (кварц, микроклин, роговая обманка), третьи занимают промежуточное положение (кальцит).

Структурные связи *магнитного* характера. В тонкодисперсных системах наряду с молекулярными и ионно-электрическими связями при определённых условиях возникают связи магнитного характера.

Капиллярные связи обуславливают связность грунтов. Представление о капиллярных связях в дисперсных грунтах основывается на том, что в результате взаимодействия воды с твёрдыми частицами грунта происходит смачивание последних с образованием в порах мениска, связывающего частицы. Согласно третьего закона Ньютона, подъемной силе, приложенной к жидкости, соответствуют равные по величине и обратные по знаку силы, приложенные к стенкам капилляра и создающие капиллярное давление. Это давление создает связность грунтов.

Подробное изложение материала представлено в учебном пособии «Дорожное грунтоведение и механика земляного полотна». Автор Бабаскин Ю.Г. Минск «Новое знание», Москва «ИНФРА-М» 2013. – С. 462. Глава 10. С.156...165.

Тема 5.2. ВОДА В ГРУНТАХ

В порах грунта вода может находиться в следующих *состояниях*: водяного пара, гигроскопическом, пленочном, гравитационном (свободном), твердом (в виде льда).

Парообразная вода находится в порах грунта, не занятых водой, и движется вследствие различия упругости паров.

Гигроскопическая вода прочно связана с поверхностью частиц. Она не может передвигаться с частицы на частицу и переходит в пар, лишь отрываясь от частицы.

Пленочная вода образует на поверхности частиц пленку, толщина которой зависит от состава и крупности частиц. Пленочная вода передвигается с частицы на частицу из участков с большей толщиной пленки в участки с меньшей.

Свободная (гравитационная) вода находится в виде капиллярно-подвешенной воды либо медленно передвигается вниз (просачивается) и доходит до уровня грунтовых вод.

Вода в твердом состоянии. При температуре грунта ниже 0° гравитационная вода замерзает и содержится в нем в виде льда, который может содержаться в грунте в виде кристаллов, играющих роль цемента, или в виде прослоев чистого льда. Свойства грунтов резко изменяются при изменении фазового состояния воды.

Подземные воды – это капельно-жидкие воды, находящиеся в порах и пустотах горных пород (грунтов), способные к перемещению в них и вытеканию. К подземным водам относятся все воды земной коры, находящиеся ниже поверхности земли и дна поверхностных водоемов и водотоков.

По *происхождению* подземные воды подразделяются на: конденсационные, инфильтрационные, седиментационные и ювениальные.

Конденсационные - связаны с процессами пополнения подземных вод в пустынных областях за счет конденсации паров воды, содержащихся в воздухе.

Инфильтрационные - возникают вследствие выпадения атмосферных осадков.

Седиментационные - возникают за счет отжатия воды из пор и трещин горных пород при их уплотнении.

Ювениальные - проникают в поверхностные горизонты земной коры из недр Земли.

По *условиям залегания* подземные воды подразделяются на: почвенные, верховодку, грунтовые, межпластовые, жильные, трещинные, родники или источники.

Почвенные – это воды, которые не имеют водоупорного ложа и как бы подвешены в порах почвы вследствие капиллярных явлений. Они характеризуются отсутствием свободной воды.

Верховодкой называют временное скопление подземных вод, возникающее в период обильных дождей и таяния снега. Образуются вследствие слоистости аллювиальных отложений и скопления воды в слоях с меньшей водопроницаемостью.

Грунтовые – подземные воды постоянно существующего водоносного горизонта, залегающего на первом от поверхности водоупоре.

Межпластовые подземные воды залегают между двумя водонепроницаемыми слоями. По условия залегания могут быть безнапорные и напорные или артезианские.

Зона аэрации характеризуется частичным заполнением пустот и пор в породах воздухом и водой. Она расположена между поверхностью земли и уровнем грунтовых вод, в этой зоне происходит просачивание атмосферных осадков. В ней различаются следующие горизонты: 1) почвенной влаги, 2) капиллярной оболочки.

Горизонт почвенной влаги это верхняя поверхность слоя грунта, характеризующегося наличием почвенной воды.

Горизонт капиллярной оболочки является переходным типом между почвенной и свободной водой. Она передвигается в капиллярных порах снизу вверх под влиянием подъемной силы, развивающейся в вогнутом мениске. Такая вода подразделяется на капиллярно-подвешенную и собственно капиллярную. *Капиллярно-подвешенная вода* не сообщается с уровнем грунтовых вод и удерживается капиллярными сил. *Собственно капиллярная* сообщается с уровнем грунтовых вод.

Инфильтрационные воды просачиваются вниз до тех пор, пока на своем пути не встретят препятствие в виде непроницаемого слоя (глины). Этот слой называется *водоупор*. Вода скапливается на водоупоре и насыщает слои грунта, лежащие на водоупоре, образуя водоносный слой, относящийся к *зоне насыщения*.

Если грунтовые воды не перекрыты водоупорными слоями, то они имеют свободную поверхность называемую *зеркалом*. Водоупор, на котором лежит водоносный слой, называют *ложем водоносного слоя*, а расстояние от ложа до зеркала - мощностью водоносного слоя или зоны насыщения.

Водоупор характеризуется высотными отметками (точнее глубинными). Точки с одинаковыми отметками соединяются линиями, которые называются – *гидроизогипсами*, в отличии от горизонталей, которые характеризуют рельеф местности. Течение воды по водоупору осуществляется перпендикулярно гидроизогипсам, от отметок с более высоким заложением к отметкам с более глубоким заложением. В местах где водоупор образует вогнутую поверхность происходит скапливание воды с образованием подземного бассейна.

Помимо свободной воды, вода в грунтах может находиться в связанном состоянии, которая подразделяется на химически и физически связанную.

Химически связанная вода - это вода, входящая в состав минералов. Она подразделяется на конституционную, кристаллизационную и цеолитную.

Конституционная вода - это вода, входящая в состав кристаллической решетки минералов в виде ионов H^+ и OH^- , участвующая в их строении. Например: $Ca(OH)_2$.

Кристаллизационная вода - это вода в строго определенном количестве, участвующая в строении минералов, в виде молекул воды. Например, гипс $CaSO_4 \times 2H_2O$.

Цеолитная вода - это часть кристаллизационной воды, которая может выделяться и вновь поглощаться без разрушения кристаллической решетки.

Физически связанная вода - это вода, удерживаемая на поверхности минеральных частиц силами, имеющими электрическую природу.

Самые близкие к частице слои (1-3 ряда молекул) образуют пленки *прочносвязанной воды*, что сопровождается энергетическим эффектом с выделением до 42 Дж на 1 г воды. По мере удаления от частицы эти силы ослабевают и молекулы воды будут притягиваться меньшими силами образуя слой *рыхлосвязанной воды*. Когда силы притяжения достигнут нуля, т.е. вне области электромолекулярных сил взаимодействия, молекулы воды будут находиться в несвязанном состоянии, образуя слой свободной воды.

Иногда вода может быть заключена в замкнутых пустотах и находиться в состоянии покоя. Такую воду называют *иммобилизованной*.

Влагоемкостью называют способность вмещать и удерживать в себе определенное количество воды при возможности свободного ее вытекания под действием силы тяжести.

По степени влагоемкости горные породы подразделяются на:

- 1) *очень влагоемкие* (торф, глина, суглинки);
- 2) *слабовлагоемкие* (супеси, мелкозернистые пески);
- 3) *невлагоемкие* (скальные, крупнозернистые пески).

Различают влагоемкость: капиллярную, максимально молекулярную и гигроскопическую.

Капиллярная влагоемкость характеризуется влажностью грунта, соответствующей полному заполнению капиллярных пор.

Максимальная молекулярная влагоемкость - это максимальное количество пленочной воды (включая гигроскопическую) удерживаемое грунтом.

Гигроскопическая влагоемкость - это количество воды, поглощаемое грунтом с выделением тепла.

Водопоглощением называется способность грунта поглощать (впитывать) и удерживать воду при обычных условиях.

Водонасыщение - это способность грунта максимально поглощать воду при вакууме или под давлением (до 150 атм).

Количественно водопоглощение соответствует объему широких открытых пор, а водонасыщение - объему всех открытых пор.

Водопроницаемостью грунта называется его способность пропускать через свою толщу воду, находящуюся под влиянием силы тяжести или под действием гидростатического напора. Она характеризуется коэффициентом фильтрации.

Подробное изложение материала представлено в учебном пособии «Дорожное грунтоведение и механика земляного полотна». Автор Бабаскин Ю.Г. Минск «Новое знание», Москва «ИНФРА-М» 2013. – С. 462. Глава 11. С. 165...181.

Тема 5.3. ДИСПЕРСНЫЕ ГРУНТЫ

Процессы физического, химического и биологического выветривания приводит к постепенному накоплению в толще грунтов все более мелких частиц, а их контакт с атмосферой и инфильтрационными осадками переводит грунтовую массу в трехфазную систему или в так называемую дисперсную.

Дисперсными называют системы, состоящие из двух или более веществ, распределенных одно в другом.

Дисперсные системы подразделяются на однофазные и многофазные.

Однофазными (гомогенными) называются системы, в которых в любой точке внутри занимаемого ими пространства физические свойства остаются постоянными (например: раствор, газ, дым, туман).

Многофазными (гетерогенными) называются системы, состоящие из различных фаз, взаимодействующих между собой по поверхности раздела. Грунты представляют собой многофазную дисперсную систему.

Грунт при увлажнении представляет собой дисперсную систему, где *дисперсионной средой* является вода, в объеме которой распределены твердые минеральные частицы грунта - *дисперсная фаза*.

Коллоиды - это тела, превышающие размер отдельных молекул вещества, но, вместе с тем, во много раз меньшие частиц, способных осаждаться в воде под действием силы тяжести

Дисперсные системы, в которых преобладает дисперсионная среда, носят название *коллоидных растворов (систем)*. Коллоиды могут находиться в двух состояниях: золь и геля.

Гелем называется твердое вещество, образующееся в результате выпадения в осадок из коллоидного раствора твердой дисперсной фазы, т.е. *коагуляции*.

Золем называют систему, представляющую собой жидкость, которой рассеяны коллоидные частицы грунта.

Коллоидные системы разделяются на две группы: обратимые и необратимые.

Обратимой является система, в которой осадок при соприкосновении с водой снова переходит в золь, **необратимой** – в которой осадок не переходит в золь.

Процесс перехода сухого осадка в золь называется *пептизацией*.

Процессы *коагуляции и пептизации* связаны с наличием электрического заряда в коллоидных частицах - мицеллах.

Мицелла состоит из ядра, на поверхности которого находится неподвижный слой заряженных ионов - *внутренняя обкладка*. Этот слой определяет

электрический заряд, вследствие чего, частица притягивает из окружающей среды противоположно заряженные ионы. Этот слой носит название *адсорбционного*. Адсорбционный слой и внутренняя обкладка образуют неподвижную часть двойного электрического слоя. Далее вокруг частицы располагается *диффузный* слой ионов, состоящий из противоположно заряженных ионов и молекул окружающей среды.

Коллоидные системы, способные связывать воду на поверхности твердых частиц (дисперсной фазы), носят название *гидрофильных*; коллоидные системы, частицы которых слабо взаимодействуют с водой, т.е. отталкивают воду, - *гидрофобных*. Грунтовые коллоиды преимущественно относятся к гидрофильным.

Свойство грунтов поглощать из водных растворов содержащиеся в них вещества называют *поглощительной (адсорбционной) способностью*.

Процесс поглощения грунтом состоит из нескольких совместно протекающих процессов (физических, химических, биологических), в результате которых происходит изменение состава, состояния и свойств грунтов. Различают: механическую, физическую, химическую, физико-химическую и биологическую поглощительные способности грунтов.

Механическая поглощительная способность позволяет задерживать частицы, взвешенные в фильтрующейся через них воде. Такое поглощение наблюдается, когда размеры фильтрующихся частиц больше размеров пор или мелкие частицы попадают в замкнутые или искривленные поры, в результате чего происходит их заиливание.

Физическая поглощительная способность дает возможность поглощать из водных растворов или суспензий некоторые вещества вследствие молекулярного взаимодействия, возникающего между ними и грунтовыми частицами. При физическом поглощении поглощаемое вещество химически не взаимодействует с грунтовыми частицами, при этом оно располагается только на поверхности частиц или же распределяется по всему объему, образуя твердый раствор. В первом случае процесс называется *адсорбцией* (поверхностное физическое поглощение), во втором *абсорбцией* (объемное физическое поглощение).

Вещества, понижающие поверхностное натяжение повышающие концентрацию раствора, вызывают явление *положительной адсорбции*, а вещества, повышающие поверхностное натяжение и уменьшающие концентрацию раствора - *отрицательной адсорбцией*. При положительной адсорбции поглощаются молекулы растворенного вещества, при отрицательной - растворителя (молекулы воды).

Химическая поглощительная способность грунтов способствует образованию нерастворимых или малорастворимых соединений при взаимодействии грунта с растворенными в воде веществами. Образовавшиеся нерастворимые соединения выпадают из раствора в осадок и примешиваются к твердой фазе грунта.

Физико-химическая (обменная) поглощительная способность позволяет грунтам поглощать некоторое количество ионов из водного раствора, окружающего грунтовую частицу, с одновременным выделением в него эквивалентно-

го количества ионов, входящих в состав адсорбционных пленок или участвующих в строении кристаллической решетки.

Биологическая поглощательная способность - это обогащение грунта веществами, накапливаемыми в процессе жизнедеятельности макро- и микроорганизмов.

К *слабым грунтам* относят связные грунты, имеющие прочность на сдвиг в условиях природного залегания менее 0,075 МПа (при испытании прибором вращательного среза) или модуль осадки более 50 мм/м при нагрузке 0,25 МПа (модуль деформации ниже 5,0 МПа). При отсутствии данных испытаний к слабым грунтам следует относить торф и заторфованные грунты, илы, сапропели, глинистые грунты с показателем текучести более 0,5.

Применение слабых грунтов в качестве основания дорожной конструкции устанавливается в зависимости от типа основания по устойчивости.

Строительный тип слабого грунта определяют в зависимости от величины сопротивления сдвигу, устанавливаемой путем испытаний с помощью крыльчатки в условиях природного залегания. Основания из слабых грунтов по устойчивости подразделяются на четыре типа: I, II, IIIа и IIIб.

В типе I, характеризуемый как осушенный или маловлажный, преобладающей деформацией слабого грунта является сжатие и такой грунт может использоваться в качестве несущего слоя.

В типах II и IIIа, характеризуемых как слабые грунты со средней влажностью или очень влажные, наблюдаются как сжатие, так и сдвиг и такие грунты допускаются к использованию в качестве несущего слоя при постепенном их нагружении.

Тип IIIб, характеризуемый как избыточно увлажненный или жидкий слабый грунт, не может применяться в качестве основания и требует его удаления и замены хорошо дренируемыми и прочными грунтами.

Подробное изложение материала представлено в учебном пособии «Дорожное грунтоведение и механика земляного полотна». Автор Бабаскин Ю.Г. Минск «Новое знание», Москва «ИНФРА-М» 2013. – С. 462. Глава 12. С. 182...194.

Тема 5.4. СОСТАВ ГРУНТОВ

Физические свойства грунтов определяют их состав и состояние в условиях естественного залегания и при нарушенной структуре. *Состав* характеризуется содержанием частиц различной крупности, например, гранулометрическим составом. *Состояние* характеризуется расположением этих частиц в единице объема – плотностью и пористостью, содержанием воды в порах грунта – влажностью и консистенцией.

Физические свойства грунтов подразделяют на: общие физические, физико-механические, водные и тепловые.

Показатели, отражающие физические свойства грунта разделяют на два класса:

I класс - показатели прочности и деформативности грунтов, определяемые на образцах с ненарушенной структурой;

II класс - показатели, характеризующие состав и состояние грунта, определяемые на образцах нарушенной структуры.

Главными показателями второго класса являются состав, состояние и показатели консистенции глинистых грунтов.

Состав грунтов характеризуется минералогическим, петрографическим, химическим и гранулометрическим составами.

Зерновым составом (гранулометрическим) называется относительное содержание по массе частиц грунта различной крупности, выраженное в процентах к общей массе сухого грунта.

В зависимости от размеров частиц грунта их разделяют на отдельные группы, называемые *фракциями*. Для определения состава грунта необходимо провести *гранулометрический анализ*, заключающийся в разделении грунта на фракции, каждая из которых включает вес частиц между установленными для данной фракции минимальным и максимальным размерами. Выполняют разделение на фракции с помощью набора сит. Затем, массу грунта, соответствующую фракции (массу грунта, находящуюся на сите), взвешивают и рассчитывают ее процентное содержание в общей массе навески.

Методы определения гранулометрического состава объединяются в две группы: прямые и косвенные.

Прямые методы позволяют непосредственно выделить необходимые фракции и определить их процентное содержание в породе. К прямым методам относятся: ситовой, пипеточный и метод А.Н. Сабанина.

Ситовой метод заключается в разделении грунта определенной массы на фракции посредством его просеивания через набор стандартных сит с различной величиной отверстий. Применяется для определения гранулометрического состава песчаных грунтов. Ситовой метод может выполняться двумя способами: *без промывки и с промывкой*. При исследовании грунта *ситовым методом без промывки* наименьшая определяемая частица равна 0,5 мм, а *с промывкой* 0,1 мм.

Масса средней пробы грунта, необходимой для проведения ситового метода, зависит от содержания в грунте частиц крупнее 2 мм. При отсутствии таких частиц средняя проба составляет 0,1 кг, при содержании до 10 % - 0,5 кг, при содержании 10...30 % - 1 кг, свыше 30 % - 2 кг.

Пипеточный метод основан на разделении грунта на фракции по скорости падения частиц (*закон Стокса*), взвешенных в спокойной жидкости. Взмучивание и сливание в методе производится только один раз. Применяется пипеточный метод для определения в пылеватых и глинистых грунтах фракций:

0,05...0,01 мм;	- пылеватые частицы;
0,01...0,005 мм	
0,005...0,001 мм;	- глинистые частицы.

< 0,001 мм

Метод А. Н. Сабанина (метод отмучивания) как и пипеточный метод, основан на разделении грунта на фракции по скорости падения частиц, но отличается тем, что взмучивание и сливание суспензии производится многократно (в пипеточном - только один раз). Его технология следующая: взмучивание – отстаивание – сливание. Таким образом, удаляются частицы, не осевшие на дно сосуда.

Применяется метод А.Н.Сабанина для определения в пылеватых и глинистых грунтах фракций:

> 0,5	- крупный песок;
0,5...0,25 мм	- средний песок;
0,25...0,1 мм	- мелкий песок;
0,1...0,05 мм	- пылеватый песок;
0,05...0,01 мм;	
< 0,01 мм	-пыль

Косвенные методы заключаются в оценке состава грунта по косвенным признакам. К ним относятся: ареометрический, метод С.И.Рутковского и визуальный.

Ареометрический метод основан на измерении ареометром плотности отстаиваемой суспензии. Чем больше твердых взвешенных частиц в суспензии, тем выше ее плотность. Зная плотность суспензии, по расчетным формулам или по номограмме определяют количество грунтовых частиц определенного размера. Ареометрический метод пригоден для анализа глинистых грунтов.

В основу *метода С.И.Рутковского* положены способность глинистых частиц набухать в воде и различная скорость падения грунтовых частиц в зависимости от их размера. Метод позволяет определить содержание в грунте гравелистых частиц размером более 2 мм, песчаных частиц размером 2...0,05 мм, пылеватых 0,05...0,005 мм, глинистых - менее 0,005 мм.

Гравелистые частицы определяют путем просеивания через сито с отверстиями размером 2 мм. Содержание песчаной фракции определяется методом отмучивания, заключающимся во взбалтывании грунта в столбике воды определенной высоты, отстаивании и сливании. Отмучивание производят до тех пор, пока вода над грунтом не станет прозрачной.

Содержание глинистой фракции устанавливают по величине набухания глинистых частиц в воде.

Содержание пылеватых частиц определяется по разности между 100% и суммой процентов гравелистой, песчаной и глинистой фракций

Визуальный метод основан на субъективной оценке качества грунта в результате глазомерного обследования и сравнения отдельных свойств с типовыми. Метод, включает в себя следующий комплекс операций: растирание грунта на ладони, скатывание в шнур, скатывание в шарик, рассматривание через увеличительное стекло. Результаты наблюдений сравнивают с признаками, характеризующими различные виды грунта, и делают выводы о его принадлежности.

Подробное изложение материала представлено в учебном пособии «Дорожное грунтоведение и механика земляного полотна». Автор Бабаскин Ю.Г. Минск «Новое знание», Москва «ИНФРА-М» 2013. – С. 462. Глава 13. С. 195...206.

Тема 5.5. ХАРАКТЕРИСТИКА ОБЩИХ ФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ГРУНТОВ

К *общим физическим свойствам* относятся плотность сухого и влажного (дисперсного) грунта, плотность частиц грунта, пористость, удельная поверхность.

Согласно СТБ 1648-2006 грунты характеризуются тремя видами плотностей: плотностью грунта (плотностью дисперсного грунта), плотностью сухого грунта и плотностью частиц грунта

Плотность грунта - масса единицы его объема. Этот показатель характеризует грунт во влажном состоянии. Поскольку грунт во влажном состоянии представляет собой дисперсную систему, поэтому этот показатель иногда называют *плотностью дисперсного грунта*. В численном выражении этот показатель представляет собой отношение массы влажного грунта к его объему, включая поры, заполненные водой и воздухом:

$$\rho = \frac{m_1 - m_0 - m_2}{V}, \quad \text{г/см}^3$$

где m_1 - масса грунта с режущим кольцом и пластинками, г;

m_0 - масса режущего кольца, г;

m_2 - масса пластинок, г;

V – внутренний объем режущего кольца.

Определяется эта характеристика методом режущего кольца, (ГОСТ 5180-84) - для рыхлых грунтов и методом парафинирования – для связных. Плотность дисперсных грунтов в среднем находится в пределах от 1,2 до 2,4 г/см³.

Плотность грунта применяется при расчетах: устойчивости склонов и откосов; давления грунта на подпорную стенку, величины осадки сооружения, допускаемого давления на грунт и др.

В некоторых инженерных расчетах вместо плотности применяется *удельный вес грунта*, который численно равен произведению плотности на ускорение свободного падения

$$\gamma = \rho \times g, \quad \text{кН/м}^3$$

где ρ – плотность грунта, т/м³;

g – ускорение свободного падения, равное 9,81 м/с².

Плотность сухого грунта - это отношение массы сухого грунта (исключая массу воды в его порах) к занимаемому этим грунтом объему (включая имеющиеся в грунте поры). Определяют из выражения

$$\rho_d = \frac{\rho}{1 + 0,01 \times W}, \quad \text{г/см}^3$$

где ρ - плотность грунта, г/см³;

W – влажность грунта в естественном залегании, %.

Определяется расчетным путем или на приборе плотномере-влажномере системы Н.П.Ковалева. Плотность сухого грунта зависит от минералогического состава и пористости грунта.

Плотность сухого грунта характеризует максимальную плотность грунта, необходимую для контроля уплотнения грунтов при строительстве земляного полотна, кроме того, применяется при расчете пористости, коэффициента пористости и других показателей. Наиболее вероятные численные значения плотности сухого грунта находятся в пределах 1,2...1,8 г/см³.

Плотность частиц грунта - это отношение массы сухого грунта к объему его твердой части:

$$\rho_s = \frac{m_3 \rho_w}{m_3 + m_4 - m_5}, \quad \text{г/см}^3$$

где m_3 - масса сухого грунта, г;

m_4 - масса пикнометра с водой, г;

m_5 - масса пикнометра с грунтом и водой после кипячения, г;

ρ_w - плотность воды, $\rho_w = 1,0$ г/см³.

Плотность частиц грунта определяют пикнометрическим методом (ГОСТ 5180-84) и применяют для расчета пористости, коэффициента пористости, максимальной плотности, степени влажности и других показателей.

Минеральные частицы обломочного грунта соприкасаются друг с другом в точке или по поверхности, в зависимости от формы частиц. В результате между частицами остается свободное пространство называемое *порами*. Поры в грунтах естественного залегания заполнены воздухом или водой, или обоими компонентами одновременно. Содержание воздуха в грунте при оптимальной влажности составляет: для супеси – 5...8 %, суглинка – 3...4 %, глины – 4...5 %.

Оптимальная влажность (влажность, при которой достигается максимальная плотность) грунтов следующая: крупнообломочных - 7%, песчаных – 4...9 %, супесчаных – 8...14 %, суглинистых – 12...22 %, - глинистых – 18...26 %.

Пористость грунта – отношение объема пор в грунте к общему объему, занимаемому грунтом, измеряется в процентах. При определении численных значений пористости и коэффициента пористости применяют плотность сухого грунта и плотность частиц грунта:

$$n = \frac{V_{пор}}{V} = \left(1 - \frac{\rho_d}{\rho_s} \right) \cdot 100, \%$$

В инженерных расчетах, а также в СТБ 943-2007 пылевато-глинистые грунты характеризуются коэффициентом пористости (e), представляющем собой отношение объема пор к объему твердой фазы:

$$e = \frac{V_{пор}}{V_T} = \frac{\rho_s - \rho_d}{\rho_d};$$

где $V_{пор}$ - суммарный объем всех пор, см³;
 V_T - объем твердой фазы грунта, см³;
 ρ_s - плотность частиц грунта, г/см³;
 ρ_d - плотность сухого грунта, г/см³.

При оценке пригодности песчаных грунтов в качестве основания инженерных сооружений определяют *относительную плотность*, которую вычисляют по формуле

$$D = \frac{e_{max} - e}{e_{max} - e_{min}},$$

где e_{max} - коэффициент пористости в самом рыхлом состоянии;
 e - коэффициент пористости в естественном состоянии;
 e_{min} - коэффициент пористости в самом плотном состоянии.

В зависимости от относительной плотности песок классифицируют следующим образом:

$D < 0,33$ - рыхлый;
 $0,33 < D < 0,67$ - средней плотности;
 $0,67 < D < 1,00$ - плотный.

Удельная поверхность – отношение величины суммарной поверхности частиц к занимаемому ими объему. Она представляет собой поверхность раздела фаз, приходящаяся на единицу объема вещества дисперсной фазы, возрастает по мере раздробления обратно пропорционально линейным размерам частиц.

Подробное изложение материала представлено в учебном пособии «Дорожное грунтоведение и механика земляного полотна». Автор Бабаскин Ю.Г. Минск «Новое знание», Москва «ИНФРА-М» 2013. – С. 462. Глава 14. С.207...214.

Тема 5.6. ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ДИСПЕРСНЫХ ГРУНТОВ

Физические свойства дисперсного грунта - это свойства, которые изменяют состояние грунта при увлажнении (от твердого до текучего) и в отдельных случаях приводят к изменению его объема (набухание, усадка). К физическим свойствам дисперсного грунта относят: влажность, пластичность, консистенцию, связность, липкость, набухание, усадку.

Влажность - это количество воды, содержащейся в порах грунта, выраженное в % от массы грунта, высушенного до постоянной массы при температуре $105^{\circ}\pm 2$ С, определяется из выражения:

$$W = \frac{m_6 - m_7}{m_7 - m_8} \cdot 100, \%$$

где m_6 - масса бюксы с влажным грунтом, г;
 m_7 - масса бюксы с сухим грунтом, т.е. высушенным до постоянной массы, г;
 m_8 - масса пустой бюксы.

Постоянная масса – это масса образца грунта, которая в двух контрольных взвешиваниях изменяется не более чем на 0,02 г. Процесс высушивания до первого взвешивания образца длится: для песчаных грунтов – 3 ч, остальных – 5 ч; до повторного взвешивания дополнительно: для песчаного грунта – 1 ч, для остальных 2 ч (ГОСТ 5180-84). Определенную таким путем влажность называют *весовой*, а метод определения – *весовым*.

Согласно СТБ 1648-2006, влажность, характеризующая свойства грунта, может быть:

- влажность естественная (ГОСТ 5180-84);
- влажность гигроскопическая (ГОСТ 30416);
- влажность оптимальная (ГОСТ 22733);
- влажность на границе раскатывания (ГОСТ 30416);
- влажность на границе текучести (ГОСТ 30416);
- влажность на пределе усадки (ГОСТ 24143);
- влажность набухания (ГОСТ 24143).

Общая влажность, которую имеют грунты в естественном залегании, называют *естественной влажностью*. Для характеристики физического состояния грунтов, помимо абсолютной, необходимо знать степень заполнения пор водой. Для этого определяют *степень влажности (коэффициент водонасыщения)*, которая равна отношению природной влажности грунта к его полной влагоемкости, соответствующей полному заполнению пор грунта водой. Определяют из выражений

$$S_r = \frac{W}{W_{\max}} \quad S_r = \frac{W \rho_s}{e \rho_w} \quad S_r = \frac{W \rho_s (1 - n)}{n}$$

где W - естественная влажность грунта, %;
 W_{\max} – полная влагоемкость, %;
 ρ_s – плотность частиц грунта, г/см³;
 e – коэффициент пористости, г/см³;
 ρ_w – плотность воды, г/см³;
 n – пористость грунта, %.

Влажность гигроскопическая – влажность грунта в воздушно-сухом состоянии, т.е. в состоянии равновесия с влажностью и температурой окружаю-

щего воздуха. Составляет доли процента. Определяется так же, как и естественная влажность.

Влажность оптимальная – влажность, при которой достигнута максимальная плотность сухого грунта, определяемая при трамбовании образцов с постоянной затратой работы на их уплотнение в приборе стандартного уплотнения.

Влажность на границе раскатывания – влажность, при которой грунт находится на границе между твердым и пластичным состоянием. Определяется весовым методом на грунте, пластичность которого соответствует границе раскатывания, и рассчитывается по формуле определения влажности.

Влажность на границе текучести – влажность, при которой грунт находится на границе между пластичным и текучим состояниями. Определяется весовым методом на грунте, пластичность которого соответствует границе текучести и рассчитывается по формуле определения влажности.

Влажность на пределе усадки – влажность грунта в момент резкого уменьшения усадки, определяемая по точке перегиба кривой графика зависимости изменения объема образца грунта от изменения влажности при высыхании.

Влажность набухания – влажность, полученная после завершения набухания образца грунта, обжимаемого заданным давлением в условиях исключаяющих возможность бокового расширения.

По степени влияния на физико-механические свойства различают влажность недостаточную, оптимальную, избыточную и вредную.

Недостаточная влажность колеблется от гигроскопической до максимальной молекулярной влагоемкости. При такой влажности грунт находится в твердой и полутвердой консистенции и относится к категории *недоувлажненного* – т.е. имеющего влажность менее 0,9 относительно оптимальной влажности.

Оптимальная влажность находится в интервале между максимальной молекулярной влагоемкостью и границей раскатывания. Грунт при этом соответствует тугопластичной консистенции и относится к категории грунта *нормальной влажности* – т.е. имеющего влажность 0,9...1,0 относительно оптимальной влажности.

Избыточная влажность находится в интервале от границы раскатывания до границы текучести, при которой грунт находится в мягкопластичной консистенции. При такой влажности грунт относится к категории *переувлажненного*.

Вредная влажность – это влажность больше границы текучести, при которой грунт находится в текучей консистенции.

Допустимая влажность – это влажность, которая позволит уплотнить грунт до состояния, регламентируемого требуемым коэффициентом уплотнения. Принимается как долевая часть от оптимальной влажности.

Если грунт в период укладки в насыпь или разработки в выемке имеет влажность выше оптимальной его относят к *грунтам повышенной влажности*. Такие грунты характеризуются степенью переувлажнения, которая выражается

через коэффициент переувлажнения, представляющего собой отношение фактической влажности к оптимальной:

$$K_W = \frac{W}{W_{opt}}$$

где W – фактическая влажность, %;
 W_{opt} – оптимальная влажность, %.

При влажности грунта выше оптимальной, максимально возможную плотность грунта можно считать достигнутой, если содержание воздуха в порах не будет превышать следующих значений: для песков – 8 %; для супесей – 6 %; для суглинков – 3 %; для глин – 4 %. Величину содержания воздуха в порах грунта определяют из выражения:

$$V_a = 1 - \rho_d \left(\frac{1}{\rho_s} + \frac{W}{\rho_w} \right)$$

где ρ_d – плотность сухого грунта, г/см³;
 ρ_s – плотность частиц грунта, г/см³, которая может быть принята:
 для песков – 2,65; для супеси: легкой крупной, легкой и пылеватой – 2,67; супеси тяжелой пылеватой, суглинка легкого – 2,7; суглинка тяжелого и глин – 2,72;
 W – фактическая влажность грунта, доли единицы;
 ρ_w – плотность воды в грунте, $\rho_w = 1,0$ г/см³.

Пластичность грунта называется способность его деформироваться под действием внешнего давления без разрыва сплошности массы. Для установления способности грунтов принимать пластичное состояние определяют границы текучести и раскатывания

Границу текучести и границу раскатывания называют: *верхним и нижним пределами пластичности*. Числом пластичности называют разность между значениями влажностей, соответствующих пределу текучести и пределу раскатывания. Определяют число пластичности из выражения:

$$I_p = W_L - W_p$$

где W_L – влажность на границе текучести, %;
 W_p – влажность на границе раскатывания, %.

Консистенция грунта (*показатель текучести*) представляет собой отношение разности значений, соответствующих двум состояниям грунта: естественному и на границе раскатывания, к числу пластичности. Зная характерные влажности W_L и W_p и естественную влажность W определяют показатель текучести из выражения

$$I_L = \frac{W - W_p}{W_L - W_p}$$

Связность грунтов - способность сопротивляться внешнему усилию, стремящемуся разъединить частицы грунта, а также способность тонкодисперсных грунтов образовывать после смачивания их водой и последующего высушивания компактную массу (агрегаты), не распадающуюся на отдельные элементарные частицы. По связности грунты разделяют на: связные (глина, суглинки, супеси) и несвязные (пески, крупнообломочные грунты).

Липкость грунтов - способность прилипать к поверхности различных предметов, в частности, рабочих органов дорожных машин. Липкость выражается в Па при измерении усилия, необходимого для отрывания прилипшего предмета от поверхности грунта. Липкость начинает проявляться при влажности, несколько превышающей влажность границы раскатывания, и достигает максимума при влажности, несколько меньшей границы текучести. При влажности выше границы текучести липкость грунтов снова резко уменьшается.

Набухание - способность глинистых грунтов увеличивать свой объем в результате увлажнения. Вода проникает в грунт по капиллярам. Пленки воды утолщаются до уровня влажности, соответствующей максимальной молекулярной влагоемкости, частицы грунта раздвигаются и объем грунта возрастает. Определяют по ГОСТ 24143-80 на приборе ПНГ-2.

Относительная деформация набухания без нагрузки есть отношение абсолютного набухания к начальной высоте образца:

$$\varepsilon_{sw} = \frac{\Delta h}{h} = \frac{h_k - h}{h}$$

где h - начальная высота образцов;
 h_k - высота после набухания.

Набухание присуще глинистым грунтам, в особенности - состоящим из такого глинистого минерала, как монтмориллонит. Следует учитывать, что в глинистых грунтах с нарушенной структурой набухание больше, чем с ненарушенной.

Усадка грунта - уменьшение его объема при высыхании. В результате усадки грунт становится плотнее и после высыхания даже твердым, при этом происходит не только механическое уплотнение грунта, но и перераспределение его химических компонентов.

Просадка - быстро протекающая во времени деформация грунта основания (с уменьшением объема грунта при замачивании) при постоянной внешней нагрузке, сопровождающаяся коренным изменением структуры и свойств грунта (СНБ 5.01.01).

Характеризуется относительной просадочностью, представляющей отношение уменьшения высоты образца грунта в результате замачивания водой или другой жидкостью при определенном вертикальном давлении к высоте образца природной влажности при давлении, равном природному на глубине отбора образца

$$\varepsilon_{sl} = \frac{h - h_k}{h_w}$$

где h – высота образца до замачивания водой;
 h_k – высота образца после замачивания и приложения вертикального давления;
 h_w – высота образца природной влажности и при давлении равном природному.

Подробное изложение материала представлено в учебном пособии «Дорожное грунтоведение и механика земляного полотна». Автор Бабаскин Ю.Г. Минск «Новое знание», Москва «ИНФРА-М» 2013. – С. 462. Глава 15. С. 215...234.

Тема 5.7. ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ГРУНТОВ

Под *физико-механическими свойствами* понимают такие свойства, которые проявляются под воздействием внешних усилий (давления, удара, вибрации). Эти свойства оцениваются прочностными и деформационными характеристиками грунтов.

Под *прочностью* грунта понимают его способность выдерживать передаваемые на грунт (например, на образец) нагрузки без разрушения, т.е. нарушения его сплошности, которое происходит в результате разрушения, сдвига или отрыва. О прочности грунта судят по его сопротивляемости сдвигу, которая зависит от сил внутреннего трения грунта, его связности и структурного сцепления между частицами.

Под *деформативностью* грунта понимают его способность к изменению своих форм и размеров под действием приложенной нагрузки. Эта способность связана с понятием деформация, т.е. величиной изменения объема и взаимного расположения частиц в массиве (осадка, просадка, сдвиг, растяжение, изгиб и др.). Деформация в грунтах может происходить под действием собственного веса выше расположенных частиц, а также веса конструкции, опирающейся на грунтовое основание, действием колеса автомобиля или уплотняющих органов дорожно-строительных машин, воздействием природных факторов.

Деформация может быть: допускаемой, остаточной, относительной допускаемой, пластической, предельной, разрушающей, упругой.

Деформация допускаемая – нормируемая величина деформации, при которой не происходит разрушения грунта или снижения его прочностных свойств.

Деформация остаточная – доля деформации, которая остается после прекращения приложения нагрузки, вызывающей эту деформацию.

Деформация относительная допускаемая – отношение допускаемой вертикальной деформации (прогиба) к диаметру круга равновеликого отпечатку колеса расчетного автомобиля.

Деформация пластическая – остаточная деформация, возникающая без макроскопических нарушений сплошности и изменения объема грунта.

Деформация предельная – деформация, приводящая к потере надежности (отказу) всей дорожной конструкции.

Деформация разрушающая – деформация, вызывающая нарушение сплошности грунтового массива или разрушение образца скальной породы, грунта, обработанного вяжущими материалами, испытываемого под нагрузкой.

Деформация упругая – деформация, при которой формы и размеры массива грунта полностью восстанавливаются после ликвидации внешнего воздействия.

В скальных горных породах кристаллическая структура является главенствующей, поэтому именно она будет сопротивляться любым видам деформации. Эта сопротивляемость выражается через такие показатели как: сопротивляемость на сжатие (предел прочности при сжатии) и сопротивляемость на растяжение (предел прочности на растяжение при изгибе).

Прочность определяют путем раздавливания образца в условиях свободного бокового расширения. Разрушающая нагрузка действует в одном направлении, поэтому такое испытание называют одноосным сжатием. Сопротивление одноосному сжатию характеризуется *пределом прочности при сжатии*, которое определяют из выражения

$$R_{сж} = \frac{P}{10F}, \text{ МПа}$$

где $P_{сж}$ – разрушающая нагрузка на сжатие, кг;
 F – площадь поперечного сечения образца грунта, см²;
 10 – переводной коэффициент из кг/см² в МПа.

Прочность на разрыв определяют в основном для скальных горных пород в условиях одноосного разрыва. Определение сопротивляемости грунта одноосному разрыву производится аналогично, как определение прочности на сжатие, только в качестве разрушающей нагрузки принимается растягивающая усилие

$$R_p = \frac{P}{10F}, \text{ МПа}$$

где P_p – растягивающая разрушающая нагрузка, кг.

Прочность песчаных и глинистых грунтов определяют методом зондирования – полевым методом, основанным на принудительном погружении зонда в грунт с одновременным измерением значений сопротивления грунта под наконечником и боковой поверхностью зонда.

Зондирование грунтов производят вдавливанием в грунт зонда при *статическом зондировании*, а также забивкой или вибропогружением в грунт зонда при *динамическом зондировании*, с одновременным измерением показателей, характеризующих сопротивление грунта внедрению зонда.

Песчаные и глинистые грунты характеризуются по прочности в зависимости от удельного сопротивления грунта под конусом зонда и условного динамического сопротивления грунта.

Удельное сопротивление грунта под наконечником (конусом) зонда – это сопротивление грунта погружению наконечника (конуса) зонда при статиче-

ском зондировании, отнесенное к площади основания наконечника (конуса) зонда.

Определяют удельное сопротивление грунта под наконечником (конусом) зонда q_c *методом статического зондирования* (ГОСТ 19912-2001. Методы полевых испытаний статическим и динамическим зондированием), заключающегося в непрерывном вдавливании зонда в грунт, при этом, регистрируются нагрузка и сопротивление грунта, с помощью устройства для их измерения.

По данным измерений, полученных в процессе испытания, вычисляют значения q_c , и строят график изменения этой величины по глубине зондирования

Условное динамическое сопротивление грунта – это сопротивление грунта погружению зонда при забивке его падающим молотом (вибромолотом). Испытание грунта *методом динамического зондирования* (ГОСТ 19912-2001) проводят с помощью специальной установки, обеспечивающей внедрение зонда ударным или ударно-вибрационным способом.

При динамическом ударном зондировании измеряют глубину погружения зонда h , в зависимости от определенного числа ударов молота (залога). По данным измерений вычисляют условное динамическое сопротивление грунта погружению зонда p_d .

$$p_d = \frac{AK_1K_2^n}{h}, \text{ МПа}$$

где A – удельная энергия зондирования, Н/см, определяемая по таблице в зависимости от типа установки;

K_1 – коэффициент учета потерь энергии при ударе молота о наковальню и на упругие деформации штанг, определяемый по таблице в зависимости от типа установки и глубины погружения зонда;

K_2 – коэффициент учета потерь энергии на трение штанг о грунт, определяемый в зависимости от усилия при повороте штанг.

n – число ударов молота в залоге;

h – глубина погружения зонда за залог, см.

По вычисленным значениям p_d строят ступенчатый график изменения условного динамического сопротивления грунта по глубине погружения зонда

Модуль деформации характеризует общую деформацию грунта при сжатии – представляет собой коэффициент пропорциональности линейной связи между приращениями давления на грунт и его деформацией. Определяется в соответствии с основным законом теории упругости (Законом Гука) по выражению

$$E_o = \frac{\sigma}{\ell_o}, \text{ МПа}$$

где σ – нормальное сжимающее напряжение, Н;

ℓ_o - относительная деформация грунта, м².

Модуль общей деформации отражает как упругую, так и остаточную деформации.

Относительная деформация может быть продольной и поперечной. Взаимосвязь между ними устанавливает коэффициент Пуассона, который представляет собой отношение относительной поперечной деформации (расширения) к относительной продольной деформации (сжатию) грунта. Для песков этот коэффициент ориентировочно равен - 0,29; для суглинков - 0,35; для глин - 0,41.

Модуль деформации определяют по ГОСТ 30416-96 (Грунты. Лабораторные испытания. Общие положения.) на компрессионном приборе КПр-1. Определяют модуль деформации по формуле:

$$E_o = \left(1 - \nu^2\right) K_1 D \frac{\Delta P}{\Delta S}, \text{ МПа}$$

где ν – коэффициент Пуассона;

K_1 – коэффициент, принимаемый 0,79 для жесткого круглого штампа;

D – диаметр штампа, см;

ΔP – приращение давления на штамп, МПа;

ΔS – приращение осадки штампа, соответствующее ΔP , см.

Модуль упругости - характеристика деформируемости грунта, выражающая отношение сжимающего напряжения к вызываемой им упругой деформации:

$$E_y = \frac{\sigma}{\ell_y} = \frac{\pi}{4} \times \frac{PD(1-\nu^2)}{\ell_y}, \text{ МПа}$$

где ℓ_y - упругая деформация, мм;

$\frac{\pi}{4}$ - поправочный коэффициент при испытании жестким штампом;

P – удельное давление на образец, МПа;

ν - коэффициент Пуассона.

D – эквивалентный диаметр отпечатка колеса расчетной нагрузки, рассчитывается по формуле:

$$D = \sqrt{\frac{40 Q 1,3}{\pi P}},$$

где Q - нагрузка на колесо, принимается равной половине осевой нагрузки, кН;

1,3 - коэффициент учета динамической нагрузки;

Модуль осадки отражает величину сжатия в миллиметрах столба грунта высотой 1 м, когда к нему приложена нагрузка, определяется из выражения:

$$e_p = 1000 \frac{\Delta h}{h}, \frac{\text{мм}}{\text{м}}$$

где Δh – величина деформации, мм;

h – высота образца до деформации, мм.

Сопротивление грунта сдвигу является важнейшим прочностным свойством. Под действием внешней нагрузки между частицами грунта происходит смещение (сдвиг) одних частиц относительно других, при этом связи между ча-

стицами разрушаются по некоторой плоскости и возникает деформация грунта. При наличии в дисперсном грунте трех типов связей (трения, структурного сцепления и вязких водно-коллоидных связей, что характерно для пылевато-глинистых грунтов), сопротивляемость грунта сдвигу выражается зависимостью (формулой) Маслова Н.Н.:

$$S_p = \sigma \operatorname{tg} \varphi + C_c + C_w$$

где S_p – сопротивляемость грунта сдвигу, кН/м²;
 σ – нормальное давление, кН/м²;
 φ – угол внутреннего трения грунта, град;
 $\operatorname{tg} \varphi$ – коэффициент внутреннего трения грунта;
 C_c – структурное сцепление, кН/м²;
 C_w – связность грунта, кН/м².

Для песчаных грунтов выражение для определения сопротивляемости сдвигу имеет вид

$$S_p = \sigma \operatorname{tg} \varphi + C$$

где C – удельное сцепление, кН/м².

Подробное изложение материала представлено в учебном пособии «Дорожное грунтоведение и механика земляного полотна». Автор Бабаскин Ю.Г. Минск «Новое знание», Москва «ИНФРА-М» 2013. – С. 462. Глава 16. С. 235...253.

Тема 5.8. ВОДНО-ТЕПЛОВОЙ РЕЖИМ ГРУНТОВ

Водно-тепловым режимом грунтов называется совокупность природных факторов, влияющих на распределение в грунтах влажности и температуры, которые изменяются во времени в зависимости от количества выпадающих осадков и поры года. Количество влаги в грунтах колеблется по сезонам:

- осенью идет накопление влаги за счет выпадающих осадков и просачивания части инфильтрационной воды в поры грунта, насыщая их и поднимая уровень грунтовых вод. Такой режим миграции воды называют *промывным*;
- зимой происходит замерзание воды в порах грунта на глубину, зависящую от температуры воздуха и защищенности снежным покровом. Такой водный режим характеризуется как *непромывной*;
- весной количество влаги в грунтах зависит не столько от величины снежного покрова, сколько от скорости оттаивания. Этот период также характеризуется как *промывной* режим;
- летом грунт характеризуется оптимальной влажностью с небольшими отклонениями во время выпадения дождей, либо избыточной солнечной радиации, приводящей к повышению температуры воздуха и подсушиванию верхних слоев грунтового массива. Летний водный режим характеризуется как *выпотной*.

Таким образом, количество воды в порах грунта не является постоянной величиной и ее изменение можно отразить *уравнением водного баланса*

$$W = (A + B + C) - (D + E + F)$$

- где A – осадки, выпадающие на грунт, мм;
 B – приток воды с повышенных участков рельефа, мм;
 C – приток воды от уровня грунтовых вод, мм;
 D – сток воды с рассматриваемого участка грунта, мм;
 E – испарение влаги с поверхности грунта, мм;
 F – расход воды на просачивание в более глубокие слои грунта, мм.

В пределах второй дорожно-климатической зоны (по ТКП 45-3.03-19) на территории Беларуси выделены три климатических района: северный, центральный и южный.

Первый район, *северный* - влажный, находится в пределах распространения Поозерского оледенения, характеризуется холмисто-моренным рельефом. Расположен севернее линии Поставы - Борисов - Кричев. Климат прохладный, средняя годовая температура воздуха 4,4...5,3°C, сумма градусо-дней мороза 614...808, годовое количество осадков – 750...860 мм и испарения до 600 мм.

Второй район, *центральный* - умеренно-влажный, занимает территорию распространения Сожского оледенения. Расположен к югу от границ первого до линии Щучин - Старобин - Гомель. Климат мягкий, средняя годовая температура 5,3...6,5°C, годовое количество осадков – 650...750 мм и испарения около 635 мм в год.

Третий район, *южный* - неустойчиво влажный, охватывает Полесскую низменность в пределах распространения днепровского оледенения. Характеризуется равнинным, сильно пониженным, заболоченным рельефом. Климат теплый с суммой градусо-дней мороза 319...646, средняя годовая температура 6,5...7,4°C, годовое количество осадков- 600...650 мм.

Градусо-день – это условная единица измерения превышения среднесуточной температуры над заданным минимумом (базовой температурой). Определяется как количество дней, умноженное на разность температур между среднесуточной, за данное количество дней, и базовой. Измеряется - $^{\circ}C \times сут$.

В зависимости от источников увлажнения грунтов существуют три схемы расчета количества влаги, накопившейся за зимний период.

- 1) Сухие места с обеспеченным стоком поверхностных вод, глубоким залеганием грунтовых вод и относительно малым количеством осадков.
- 2) Районы с достаточным количеством осадков и затрудненным стоком воды.
- 3) Постоянно сырые места с близким расположением уровня грунтовых вод и с необеспеченным водостоком.

Температурный режим грунтов является более сложным, чем водный. Процессы, происходящие в грунтах при изменении температуры положительной на отрицательную и обратно требуют знания теплофизических свойств

грунта, к которым относятся: теплоемкость, теплопроводность и теплоустойчивость.

Теплоемкостью называется способность грунта аккумулировать или отдавать тепловую энергию при теплообмене.

Теплопроводность - это способность грунта передавать температуру (положительную или отрицательную) от одних участков грунта к другим. Чем выше теплопроводность грунта, тем больше его глубина промерзания.

Теплоустойчивость - это способность грунта сохранять свои прочностные и деформативные свойства при повышении температуры окружающей среды.

Морозостойкость грунтов - это способность сопротивляться воздействию отрицательных температур. Она оценивается изменением прочности грунтов после определенного числа циклов замораживания и оттаивания.

Изменение влажности и температуры сопряжено с вторичными процессами: набуханием и усадкой, морозным пучением и просадкой при оттаивании, изменением плотности, прочностных и деформационных характеристик грунта.

Для создания оптимального водно-теплового режима необходимо его регулирование. Наиболее простой метод регулирования предусматривает выполнение одновременно трех условий:

- 1) применение грунтов, обладающих повышенной устойчивостью к воздействию погодно-климатических факторов;
- 2) обеспечение требуемой степени уплотнения грунтов;
- 3) обеспечение возвышения слоев грунта над расчетным уровнем подземных и поверхностных вод или над уровнем земли (на участках местности 3-го типа, к которым относятся сырые места).

Для устройства гидроизолирующих прослоек применяют материалы, обеспечивающие изоляцию грунта от всех видов влаги. К ним относят: грунты, обработанные вяжущими (битумом, цементом и др.); полиэтиленовую пленку толщиной 0,2 мм; нетканые синтетические материалы, пропитанные битумом или другим водоотталкивающим материалом; пластиковые мембраны и др.

Подробное изложение материала представлено в учебном пособии «Дорожное грунтоведение и механика земляного полотна». Автор Бабаскин Ю.Г. Минск «Новое знание», Москва «ИНФРА-М» 2013. – С. 462. Глава 17. С. 254...267.

Тема 5.9. ПРИМЕНИМОСТЬ ГРУНТОВ В ДОРОЖНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

По происхождению и условиям формирования грунты бывают двух видов: континентального и морского отложения.

К грунтам *континентального отложения* относятся элювиальные, делювиальные, аллювиальные, ледниковые и эоловые отложения.

Элювиальные отложения залегают на месте своего первоначального образования и отличаются угловатой неокатанной формой частиц.

Делювиальные отложения располагаются на склонах тех же возвышенностей, где они возникли в результате перемещения под воздействием силы тяжести, дождевых и снеговых вод.

Аллювиальные отложения переносятся водными потоками на значительные расстояния от мест их первоначального залегания. Этим отложениям свойственны: слоистость, чередование песчаных и глинистых слоев.

Ледниковые отложения возникли в результате действия ледникового покрова. Основные виды грунтов этого происхождения состоят из моренных, водно-ледниковых и озерно-ледниковых отложений.

Морены представляют собой отложения из обломков горных пород различной крупности, скапливающихся в придонной части ледника и уплотненных его весом. Различают морены конечные и основные.

Конечные морены представлены валунами, гравием, галечниками и песками.

Основные морены представлены суглинками и супесями с включениями валунов, гальки, гравия.

Водно-ледниковые (флювиогляциальные) отложения - это отложения рек и потоков, которые образовались в результате таяния ледников. К ним относятся разнозернистые пески, супеси и пылеватые суглинки.

Озерно-ледниковые отложения представлены ленточными глинами, суглинками и супесями. Они характеризуются слоистостью, обусловленной сезонными отложениями.

Эоловые отложения являются продуктами физического выветривания горных пород пустынных областей, переносимыми воздушными потоками. Особенностью этих отложений является значительное содержание в них пыли.

Для насыпей, при строительстве автомобильных дорог, разрешается применять грунты и отходы промышленности, не изменяющие прочность и устойчивость под воздействием погодно-климатических условий (ТКП 200-2009 «Автомобильные дороги. Земляное полотно. Правила проектирования»). Коэффициент фильтрации дренирующих грунтов после уплотнения должен быть не менее 2 м/сутки.

Теоретически в дорожном строительстве можно использовать все грунты, однако для отдельных их типов следует предусматривать конструктивные и технологические мероприятия по регулированию водно-теплового режима. Поэтому на практике грунты имеют ограничения при использовании в дорожных конструкциях.

При сооружении земляного полотна все грунты классифицируются по пригодности по величине морозного пучения в зависимости от их дорожно-строительных свойств. По этому принципу все грунты подразделяются на:

- *весьма пригодные*, не пучинистые (относительное морозное пучение 1...2 %);
- *пригодные*, слабо пучинистые (относительное морозное пучение 2...4 %);
- *малопригодные*, пучинистые (относительное морозное пучение 4...7 %);

- *непригодные*, сильно пучинистые и чрезмерно пучинистые (относительное морозное пучение 7...10 и более 10 %).

К *весьма пригодным* грунтам относятся *крупнообломочные и песчаные грунты* характеризуются хорошей водопроницаемостью. Их применяют как дренирующий материал, гранулометрические добавки или заполнители цементобетона или асфальтобетона. Крупнообломочные грунты, к которым относятся щебенистые (галечниковые), дресвяные (гравийные), а также разновидности песчаного грунта - гравелистый песок, крупный, средний и мелкий с содержанием частиц менее 0,05 мм до 2 %.

К *пригодным* относятся: *пески гравелистый, крупный, средний и мелкий*, содержащие частицы менее 0,05 мм до 15 %. Кроме того, к ним относится *супесь легкая крупная*.

К *малопригодным* грунтам относятся: *супесь легкая, суглинок легкий и тяжелый, а также глина песчанистая*. Эти грунты могут использоваться в дорожных конструкциях в сухих местах, с хорошим оттоком воды и низким уровнем грунтовых вод. Для малопригодных грунтов разработаны конструктивные и технологические мероприятия, не допускающие излишнего увлажнения.

К *непригодным* грунтам относятся: *песок пылеватый* - мало связан в сухом состоянии, а при увлажнении плывет. Кроме того, он относится к категории сильно пучинистых грунтов, для которых относительное морозное пучение составляет 7...10 %. Поэтому для устройства земляного полотна его применять не рекомендуется. Наличие пылеватых частиц в грунтах естественного сложения придает грунту неустойчивые свойства, из-за того, что пылеватые частицы при увлажнении приобретают текучие свойства. Такие грунты как: *супесь пылеватая, суглинок тяжелый пылеватый*, относятся к сильно пучинистым, а *супесь тяжелая пылеватая и суглинок легкий пылеватый*, образуют категорию чрезмерно пучинистых грунтов. Сильно пучинистые и чрезмерно пучинистые грунты являются непригодными для сооружения земляного полотна автомобильных дорог

Глинистые грунты и в особенности пылеватые глины являются чрезмерно пучинистыми, и поэтому не рекомендуются для применения в дорожных сооружениях.

Грунты в дорожном строительстве применяются не только для устройства земляного полотна и получения дорожно-строительных материалов, но и для применения в качестве искусственного материала, полученного путем обработки грунтов различными вяжущими материалами. Такие материалы называются *укрепленными грунтами*.

Все грунты по степени пригодности для укрепления вяжущими материалами подразделяются на три группы:

- *пригодные*;
- *условно непригодные*;
- *непригодные*.

Пригодные грунты подразделяются на четыре подгруппы: 1А, 1Б, 1В, 1Г.

Подгруппа 1А включает крупно- и мелко обломочные грунты в естественном виде, наиболее пригодные для укрепления любыми вяжущими материалами (характеризуются наиболее высокими показателями прочности).

Подгруппа 1Б включает песчаные, супесчаные и легкосуглинистые грунты, а также песчано-глинистые смеси оптимального гранулометрического состава.

Подгруппа 1В включает суглинистые и тяжелосуглинистые грунты пылеватых и непылеватых разновидностей, характеризующиеся ограниченной пригодностью (для них рекомендуется применение комплексных методов).

Подгруппа 1Г включает песчанистые и пылеватые глины, которые являются условно пригодными для укрепления. Грунты, включенные в эту подгруппу, допускается подвергать укреплению лишь при использовании добавок активных веществ.

Условно непригодные грунты. Эта группа включает крупнообломочные несвязные каменные породы, не пригодные для укрепления по причине малого содержания песчано-глинистых фракций и как следствие – большой расход вяжущих веществ. Кроме того, крупные обломки могут вызвать поломку рабочих органов грунтосмесительных машин.

Непригодные грунты представлены жирными высокопластичными глинами, обладающими большой связностью в сухом состоянии. Такие грунты требуют значительных затрат энергии на обработку и чрезмерного расхода вяжущего, что экономически нецелесообразно.

Подробное изложение материала представлено в учебном пособии «Дорожное грунтоведение и механика земляного полотна». Автор Бабаскин Ю.Г. Минск «Новое знание», Москва «ИНФРА-М» 2013. – С. 462. Глава 18. С. 268...277.

Тема 5.10. ИСКУССТВЕННОЕ ИЗМЕНЕНИЕ СОСТОЯНИЯ ГРУНТА

Укреплением грунтов называют ряд последовательных технологических операций, обеспечивающих в результате воздействия на грунт добавок вяжущих и других веществ высокую прочность и длительную устойчивость как в сухом, так и в водонасыщенном состоянии.

Стабилизация грунтов означает сохранение присущих им природных особенностей. Оба способа воздействия на грунт могут осуществляться без нарушения (глубинные методы) и с нарушением (поверхностные методы) природного строения и залегания грунтов.

Согласно классификации методов технической мелиорации грунтов, способы укрепления подразделяются на четыре основные группы: механические; физические; физико-химические и химические.

К механическим методам относятся: механическое уплотнение дисперсных грунтов статическими и динамическими нагрузками; сейсмическое уплотнение; виброуплотнение; обезвоживание (осушение); водонасыщение грунтов.

К методам механического уплотнения дисперсных грунтов статистически и динамическими нагрузками относятся:

- *гравитационное уплотнение* рыхлых отложений, которое заключается в уплотнении или консолидации грунтов путем их нагружения слоем песка или гравия мощностью 2...3 м (в дорожном строительстве этот метод носит название – метод пригрузки);

- *уплотнение грунтов укаткой* (статическое уплотнение) с помощью самоходных или прицепных катков от 5 до 25 т и более с гладкими, кулачковыми, решетчатыми вальцами или на пневматических шинах;

- *уплотнение грунтов трамбованием* (динамическое уплотнение), осуществляемое последовательными ударами падающего груза (трамбовками) массой от 1 до 4 т (наиболее эффективно при уплотнении глинистых грунтов);

- *уплотнение грунта сваями*, осуществляемое за счет уменьшения пористости породы вокруг свай, погруженных в грунт.

Методы сейсмического уплотнения грунтов (энергией взрыва) заключаются в уплотнении грунтов поверхностными, глубинными взрывами, осуществляемое за счет обжаривания грунта под действием взрывной волны.

Виброуплотнение грунтов может быть поверхностным (в т.ч. осцилляторное уплотнение), осуществляемым с помощью вибрирующих плиты или бандажа катка, или глубинным (гидровиброуплотнение).

Обезвоживание или осушение (водопонижение) применяется для решения задач: защиты поверхностных и подземных выработок от затопления подземными водами; отвода грунтовых вод от фундаментов; предотвращение заболачивания; закрепление плывунов; упрочнение грунтов в основании земляного полотна; предупреждение оползней, оплывания и других деформаций склонов. Осушение или водопонижение осуществляется путем устройства самотечного или гидродинамического дренажа.

Водонасыщение применяется для устранения просадочности лессов.

К физическим методам относятся: электрохимическое закрепление; термическое упрочнение; замораживание.

Электрохимическое закрепление – это упрочнение грунтов с помощью постоянного электрического тока объединяет следующие способы: электрообработку без введения химических добавок; электролитическую обработку и электросиликатизацию.

Термическое упрочнение – это упрочнение грунта с нарушенным (поверхностным) и ненарушенным строением (глубинный обжиг) с помощью поля положительных температур. В зависимости от температуры и времени ее воздействия термическая обработка разделяется на: прогрев (t до $500...600^{\circ}$); обжиг (t до 1000°); и клинкерование (t более 1000°).

Глубинный обжиг предполагает нагнетание в пористую лессовую породу через жароупорные трубопроводы горячего воздуха, предварительно нагретого до температуры $600...900^{\circ}\text{C}$ и поддержание избыточного давления в $1...2$ атм. При температуре $300...400^{\circ}$ породы в значительной степени теряют свои просадочные свойства, а при температуре $700...900^{\circ}$ приобретают свойства кирпича.

Замораживание грунта – это упрочнение под действием поля отрицательных температур и основано на кристаллизации воды, находящейся в порах. Сущность метода заключается в том, чтобы вокруг котлована или иной выработки создать прочную монолитную стену из мерзлого грунта.

Физико-химические методы заключаются в обработке грунтов небольшими дозировками (не более 1...3%) реагентов, изменяющих обменную способность грунта и поверхность минеральных частиц. Их цель - изменение структуры грунтов (диспергация, агрегация) или защита их естественной структуры (гидрофобизация). Наиболее эффективны для суглинков и глин.

К физико-химическим методам относятся: кольматация, глинизация, солонцевание грунтов.

Кольматация - процесс заполнения порового пространства грунта мелкими пылеватыми и глинистыми частицами, находящимися во взвешенном состоянии в фильтрующейся воде.

Глинизация, или тампонаж - вмыв глинистых суспензий в поры и трещины пород под давлением до 20 атм. и более.

Солонцевание грунтов - искусственная диспергация суглинистых и глинистых пород путем замены в их поглощающем комплексе обменных многовалентных катионов (кальция и магния) на одновалентные (натрия и калия).

Химические методы основаны на введении в грунт химических реагентов. Упрочнение грунтов при этом происходит в результате изменения их состава и характера структурных связей.

Вяжущие материалы по образованию структурных связей разделяют на группы (по Безруку В.М.), в которых:

- вяжущие способны к самостоятельному структурообразованию с получением наиболее прочных и стойких структур – *кристаллизационных и конденсационных* (портландцемент, синтетические смолы типа карбамидных);
- вяжущие не способны к самостоятельному образованию прочных водостойких структурных связей (известь и фурфуролаиновая смола);
- вяжущие образующие *коагуляционные* структуры (битумы).

В зависимости от способности вяжущих веществ к самостоятельному структурообразованию различают следующие химические методы укрепления грунтов:

1) *минеральными вяжущими материалами* (портландцементы, вяжущие на основе техногенных отходов: зола уноса (ЗУ), металлургический шлак (МШ), известь);

2) *органическими вяжущими материалами* (битумы нефтяные дорожные жидкие, эмульсии битумные дорожные, битумы нефтяные дорожные вязкие);

3) *синтетическими полимерами* (высокомолекулярными смолами, сульфолигниновые, лигнин-протеиновые вещества);

4) *фосфатами* (технической фосфорной кислотой, двойной и обычный суперфосфат);

5) *комплексными добавками*, где помимо основного вышеперечисленного вяжущего материала применяются вещества в качестве добавки, снижающие

отрицательный фактор основного вяжущего и усиливающие его положительный эффект.

Для укрепления грунтов *цементом* необходимо не менее 8% и не более 18...20% минерального вяжущего. Прочность укрепленного грунта в зависимости от класса колеблется от 1,0 до 6,0 МПа, коэффициент морозостойкости - от 0,65 до 0,75.

Известь - применяется как добавка при комплексном укреплении. Оптимальное количество гашеной извести (в пересчете на $\text{Ca}(\text{OH})_2$) для различных грунтов находится в пределах от 5 до 12%.

Сланцевую золу-унос сухого отбора в качестве самостоятельного вяжущего надлежит применять при укреплении крупнообломочных грунтов оптимального и неоптимального гранулометрического состава, супесей, песков гравелистых, крупных, средних, мелких. Дозировку золы назначают не менее 15...20% в сочетании с 4...6% цемента или 5... 8% извести от массы смеси.

Грунты, укрепленные *битумом*, по природе структурных связей относятся к коагуляционным структурам. Наилучшие результаты достигаются при укреплении супесчаных и легкосуглинистых грунтов. Непригодны для укрепления битумами тяжелые суглинки, пылеватые глины и песчаные грунты.

Укрепление грунтов *синтетическими полимерами*. Синтетические смолы (фенолформальдегидные, мочевиноформальдегидные, фенолфурфурольные, аниноформальдегидные) обладают комплексом положительных качеств: высокими адгезионными и когезионными связями; регулируемым и быстрым отверждением смолы; высокими прочностными свойствами; сравнительно небольшим расходом смолы.

Укрепление грунтов *фосфатами*. Наиболее эффективно применять эти методы на суглинистых и глинистых грунтах некарбонатных или слабокарбонатных. При этом достигается удовлетворительная прочность и водостойчивость.

Комплексные методы сочетают в себе положительные качества отдельных вяжущих веществ и устраняют их отрицательные особенности. В задачу комплексных методов входит: расширение видов грунтов, пригодных для укрепления; обеспечение оптимальных условий для процессов твердения и структурообразования; расширение продолжительности сезона строительства; применение укрепленных грунтов на дорогах различных технических категорий.

Подробное изложение материала представлено в учебном пособии «Дорожное грунтоведение и механика земляного полотна». Автор Бабаскин Ю.Г. Минск «Новое знание», Москва «ИНФРА-М» 2013. – С. 462. Глава 18. С. 277...287.

Тема 5.11. ПОЧВА КАК ГРУНТ

Почва – природное образование в виде поверхностного слоя земной коры, обладающего плодородием и состоящего из нескольких горизонтов, возникших в результате сложного взаимодействия материнской горной породы, климата,

рельефа, растительности, животных организмов и хозяйственной деятельности человека.

Почвообразовательный процесс представляет собой сложный комплекс процессов, под действием которых горная (материнская) порода изменяется и приобретает новые свойства, в том числе основное - *плодородие*, т.е. способность давать урожай.

Внешними признаками почв являются: цвет, структура, сложение.

Цвет почв связан с их химическим и минералогическим составом. Черный цвет указывает на большое содержание органических веществ (гумуса или торфа). При содержании гумуса менее 5% черная окраска переходит в темно-серую. Белесый цвет свидетельствует о процессах выщелачивания и вымывания. Светлая окраска говорит о накоплении тонкопесчаных и пылеватых частиц. Красноватый цвет свидетельствует о присутствии железистых соединений.

Гумус - это составная часть почвы, образовавшаяся в результате перегнивания различных растительных остатков и их разложения при активном участии грибов, насекомых, бактерий и т.п. **Гумусовый горизонт** - поверхностный почвенный горизонт накопления гумифицированного органического вещества.

Структура. Почвы являются монолитными образованиями и, как правило, распадаются на структурные агрегаты. Макроструктура почв делится на три типа: *кубовидная, призмовидная и плитовидная*.

Сложение почвы определяется ее уплотненностью. Различают сложение:

- связанное, без пор, характерное для глин и суглинков;
- рассыпчатое, которым обладают почвы, лишенные всякой структуры;
- пористое, типичное для лессов.

В почвоведении существуют законы, определяющие образование почв в зависимости от климатических факторов региона. Такими законами являются.

Закон горизонтальных почвенных зон, сформулированный Н.М.Сибирцевым. Согласно этому закону, основные типы почв распределены на земной поверхности зонально, т.е. полосами.

Наиболее важными почвенными зонами являются:

1) *тундрово-арктическая зона*. Ее возраст - наиболее молодой. Это - зона вечномерзлых грунтов. Почвы обычно заболочены в связи с большой влажностью и слабой испаряемостью;

2) *таежно-лесная зона*. Основные почвы - подзолистые и дерново-подзолистые, широко распространены заболоченные;

3) *лесостепная зона*. Основные почвы - серолесные и выщелоченные черноземы;

4) *степная (черноземная) зона*. Черноземы разделяются на ряд подтипов: деградированный (северный), выщелоченный, мощный, обыкновенный, южный. Мощность гумусового горизонта колеблется от 25 до 150 см (иногда 200 см). Содержание гумуса - от 3% (супесчаные черноземы) до 20% (черноземы на глинах);

5) *полупустынная зона*. Почвы - каштановые и бурые;

б) *пустынная зона*. Сероземы, барханные пески, засоленные грунты.

Закон вертикальных почвенных зон, сформулированный В.В.Докучаевым, заключающийся в том, что по мере поднятия от уровня моря до вершин высоких гор наблюдается ряд вертикальных почвенных зон. Закономерность смены почвенных зон - такая же, как при перемещении с юга на север, - например, от степной зоны к тундрово-арктической.

Современные почвы Беларуси сформировались после отступления Поозёрского ледника. Почвы Беларуси представлены следующими наиболее распространенными видами: дерновыми; дерново-подзолистыми; подзолисто-болотными; дерново-болотными; болотными; пойменными.

Дерновые почвы образуются в результате проявления дернового процесса. Он протекает под луговой травянистой растительностью, а также под лесом, если в нем хорошо развит травянистый покров. Дерновые почвы имеют высокий уровень естественного плодородия. Характеризуются слабокислой или нейтральной реакцией. Дерновые почвы мало распространены и занимают всего около 0,5% территории Республики Беларусь. Имеют перегнойный горизонт мощностью 30...70 см, содержащий 2,5...6 % гумуса. По плодородию почвы стоят на первом месте.

Подзолистые разновидности почв представляют собой большую группу кислых элювиальных почв, формирующихся в условиях промывного водного режима. Характеризуются небольшим содержанием гумуса (1...4%, иногда до 6%), кислой реакцией. Подзолистый горизонт имеет мощность 70...100 см и характеризуется белёсой или светло-серой окраской.

Дерново-подзолистые почвы занимают около 60% площади республики и покрывают почти все выпуклые (положительные) элементы рельефа. Эти почвы характеризуются наличием почвенного горизонта светло-серого цвета мощностью около 25 см. Этим почвам свойственно низкое содержание гумуса (1,5...2%). По гранулометрическому составу дерново-подзолистые почвы подразделяются на: суглинистые (27 %); супесчаные (49 %); песчаные (27 %).

Подзолисто-болотные почвы занимают около 13 % территории республики. Они формируются под воздействием подзолистого, дернового и болотного процессов почвообразования. Эти почвы характеризуются высокой кислотностью, сильной выщелоченностью, повышенным содержанием гумуса.

Дерново-болотные почвы встречаются в виде пятен и полос и приурочены к низинам с близкой грунтовой водой. Они часто располагаются на периферии болот низинного типа. Занимают от 2 до 10 % сельскохозяйственных угодий Беларуси и распространены преимущественно на Полесье. Содержат много гумуса (3-10 % и более). При сильном заболачивании сверху может сформироваться слой торфа мощностью до 30...50 см. Дерновые заболоченные почвы располагаются на пониженных элементах рельефа и занимают около 10 %.

Болотные почвы встречаются по всей территории, но больше всего распространены в Полесье. Занимают примерно 22 % площади Обилие болотных почв объясняется особенностями рельефа, близким залеганием грунтовых вод,

большим количеством атмосферных осадков, малой испаряемостью, наличием большого числа озер.

Пойменные почвы – типы почв, развивающиеся на аллювиальных отложениях в поймах рек. На территории Беларуси пойменные почвы занимают 7,2 % сельхозугодий. Пойменные дерновые заболоченные почвы имеют мощный (до 30...50 см) гумусовый горизонт буровато-серой окраски, комковато-зернистую структуру, содержание гумуса 4...5%.

Территория Беларуси делится на почвенно-климатические округа: северо-западный, северо-восточный, западный, центральный, восточный, юго-западный, юго-восточный.

Северо-западный округ занимает 15,4% территории Беларуси. Среднегодовая температура 4,9...5,6 °С, осадков 550...680 мм в год. Почвенный покров представлен суглинистыми и супесчаными дерново-подзолистыми почвами, дерново-подзолистыми заболоченными почвами.

Северо-восточный округ занимает 14,3 % территории Беларуси. Среднегодовая температура 4,4...5,4 °С, осадков 550...640 мм в год. Почвенный покров представлен дерново-подзолистыми суглинистыми почвами.

Западный округ занимает 18,5 % территории Беларуси. Среднегодовая температура 5,5...7 °С, осадков 530...700 мм в год и более. Почвенный покров представлен дерново-подзолистыми супесчаными и суглинистыми почвами.

Центральный округ занимает 10,2 % территории Беларуси. Среднегодовая температура 5,3...6,1 °С, осадков 600...650 мм в год. Почвенный покров представлен дерново-подзолистыми почвами и дерново-подзолистыми заболоченными.

Восточный округ занимает 13,9 % территории Беларуси. Среднегодовая температура 5,3...6,1 °С, осадков 550...650 мм в год. Почвенный покров представлен дерново-подзолистыми почвами и дерново-подзолистыми заболоченными суглинистыми почвами.

Юго-западный округ занимает 14,5 % территории Беларуси. Среднегодовая температура 6,2...7,4 °С, осадков 520...650 мм в год. Почвенный покров представлен дерново-подзолистыми заболоченными супесчаными почвами, торфяно-болотными, дерново-подзолистыми заболоченными.

Юго-восточный округ занимает 13,1 % территории Беларуси. Среднегодовая температура 6...6,9 °С, осадков 530...630 мм в год. Почвенный покров представлен: дерново-подзолистыми заболоченными песчаными, супесчаными и торфяно-болотными низинными почвами.

Подробное изложение материала представлено в учебном пособии «Дорожное грунтоведение и механика земляного полотна». Автор Бабаскин Ю.Г. Минск «Новое знание», Москва «ИНФРА-М» 2013. – С. 462. Глава 19. С. 288...295.

Тема 5.12. ОБСЛЕДОВАНИЕ ГРУНТОВ В ПОЛЕВЫХ УСЛОВИЯХ

Обследование грунтов в полевых условиях включает:

- оценку инженерно-геологических условий района;
- закладку шурфов и обследование грунтов;
- обследование почвенного состояния района;
- обследование заболоченных участков;
- разведку месторождений дорожно-строительных материалов.

Оценка инженерно-геологических условий района включает осмотр района обследования и составление схемы обследуемого участка с указанием его размера, наличия растительности, водных ресурсов, заболоченности. По данным гидрометеоцентра (для ближайшей метеостанции к району обследования) описывают: глубину залегания уровня грунтовых вод, годовое количество осадков, среднюю годовую температуру. По метеорологическим данным строят розу ветров и график климатических характеристик, включающий количество осадков и изменение температуры.

Закладка шурфов и обследование грунтов. При полевом обследовании грунтов применяются следующие виды выработок: расчистку, шурфы, прикопку.

Расчистка – неглубокая выработка, позволяющая вскрыть под почвенным слоем залегание поверхностных слоев аллювиальных отложений на склонах коренных пород.

Прикопка - выемка в грунте с размером поперечного сечения 0,3...0,4 м и глубиной 0,5...0,8 м. Она служит для определения толщины растительного слоя и расположения почвенных горизонтов.

Шурф – выемка в грунте с размерами в плане: по ширине 0,6...0,8 м, по длине 1,5...2,0 м и глубине до 2 м. Вертикальная стенка шурфа должна быть освещена прямыми солнечными лучами и по ней дают описание грунтов: строение, цвет, сложение, связность.

На каждом слое грунта в шурфе производят отбор проб и определяют:

- вид грунта по результатам визуального метода;
- плотность грунта на приборе Ковалева Н.П. (плотномер-влажномер);
- плотность сухого грунта на приборе Ковалева Н.П.;
- рассчитывают влажность (по результатам определенным на приборе Ковалева Н.П.);
- угол внутреннего трения в сухом состоянии и под водой с помощью прибора УВТ-3.

На основании полученных результатов отбора проб и определение физических свойств грунтов составляют следующие документы:

- схему привязки шурфов к плану местности;
- геологическую колонку.

При *обследовании почвенного состояния района* выполняют следующие работы:

- выполняют прикопку и расчистку, для определения толщины почвенного слоя, характеризуемого горизонтами А, В, С;
- на схему обследуемого участка наносят места выполненных прикопок и расчисток;

- инструментально определяют мощности горизонтов: перегнойно-аккумулятивно-го (горизонт А), вмывного (горизонт В) и материнскую породу, мало затронутую почвообразовательным процессом (горизонт С);

- определяют кислотность почвы (с помощью лакмусовых бумажек).

Обследование заболоченных участков. В зависимости от мощности торфяной залежи различают:

- заболоченные участки с мощностью торфа от 0,3 до 0,5 м;
- мелкие болота – от 0,5 до 2,0 м;
- средние болота от 2,0 до 4,0 м;
- глубокие – более 4,0 м.

Инженерно-геологическому обследованию подлежат все участки, где мощность торфа более 0,3 м.

Степень влажности торфа определяют по количеству воды, выделяющейся из образца при сжатии в руке.

Степень разложения торфа – отношение массы бесструктурной (полностью разложившейся) части, включающей гуминовые кислоты и мелкие частицы негумифицированных остатков растений, к общей массе торфа. Составляют шкалу мазков, по которой определяют степень разложения.

Разведка месторождений местных дорожно-строительных материалов. *Месторождение* – естественное скопление в земной коре полезного ископаемого, разработка которого в данный период времени экономически целесообразна. Работы по разделу выполняют в следующей последовательности:

- составляют характеристику карьера, которая включает:
 - расположение карьера (географическое и административное);
 - рельеф, климат, гидрологические условия;
 - геологическое строение месторождения;
 - качественная характеристика полезного ископаемого.
- вычерчивают план границ земельных участков;
- производят визуальную съемку территории карьера, составляют план месторождения;
- определяют геологический коэффициент, как отношение мощности вскрыши к средней глубине террас;
- определяют вид грунта визуальным способом;
- определяют плотность грунта, плотность сухого грунта с помощью плотномер-влажномер системы Ковалева Н.П., рассчитывают влажность, консистенцию;
- определяют угол естественного откоса в сухом состоянии и под водой с помощью прибора УВТ-3.

Подробное изложение материала представлено в учебном пособии «Дорожное грунтоведение и механика земляного полотна». Автор Бабаскин Ю.Г. Минск «Новое знание», Москва «ИНФРА-М» 2013. – С. 462. Глава 20. С. 296...323.

Тема 5.13. КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА ГРУНТОВ

В дорожном строительстве различают три вида контроля: входной, операционный, приемочный.

Входной контроль заключается в испытании грунтов, исходных материалов и смесей.

Операционный контроль заключается в измерении показателей качества выполнения технологических операций и сопоставления их с проектными или нормативными значениями.

Приемочный контроль состоит в определении показателей качества законченных дорожных сооружений и сопоставлении их с проектными или нормативными значениями.

При входном контроле проверяют:

- *состав* грунта (по выше обозначенным показателям выбирают соответствующие статьи в СТБ 943-2007 и определяют наименование грунта его вид и разновидность). Состав грунта определяют: ситовым методом (с промывкой и без промывки), методом Сабанина А.Н. (для определения песчаных и пылеватых частиц), пипеточным (для определения пылеватых и глинистых частиц);

- наличие крупных *включений* (размер, вид поверхности, количество), определяют ситовым методом;

- *влажность* грунта (естественную и оптимальную), консистенцию (показатель текучести), пластичность (границу текучести и границу раскатывания). При строительстве автомобильной дороги отбор проб на влажность производят не менее двух на каждый километр с периодичностью 1 раз в неделю при устойчивой погоде и ежедневно после дождей интенсивностью более 5 мм/сут. Результаты входного контроля резервов оформляют в журналах входного контроля.

При входном контроле производят уплотнение грунтов *методом «пробного уплотнения»*. Это необходимо для уточнения числа проходов по одному следу уплотняющей техники, обеспечивающей придание грунту требуемой степени уплотнения.

Операционный контроль. При операционном контроле проверяют:

- *толщину* снимаемого *плодородного слоя* (контролируют по разности отметок непосредственного измерения на обресе, а также по цвету грунта);

- *толщину* отсыпаемых слоев с учетом осадки на уплотнение (по разности отметок);

- *однородность* грунта в слоях насыпи (при визуальной оценке принимается во внимание цвет, степень агрегированности и технологические особенности – липкость; для точного измерения определяют показатель максимальной неоднородности);

- *плотность* грунта в основании земляного полотна и в слоях насыпи. Плотность определяют стандартным методом – методом режущего кольца, а также неразрушающими методами контроля. При ширине земляного полотна

до 20 м плотность грунта определяют по оси и на расстоянии 1,5...2 м от бровки. При ширине земляного полотна более 20 м дополнительно между осью и бровкой. Плотность в слоях насыпи определяют на глубине одной трети толщины слоя, но не менее 8...10 см от поверхности.

Плотность и влажность грунтов определяют с помощью георадара на глубину до 10 м. Плотность грунта на откосах контролируют путем отбора проб в центре откоса и на расстоянии 1 м от бровки и подошвы земляного полотна;

- *влажность* используемого грунта (естественную влажность);
- *ровность* поверхности (контроль визуальный).

При сооружении земляного полотна на болоте дополнительно определяют:

- *полноту выторфовывания* (относительное содержание органического вещества в основании корыта после выемки торфа);

- *коэффициент фильтрации* песка в прорезях и дренах (производят отбор проб с последующим лабораторным определением коэффициента фильтрации на приборе Союздорнии).

Операционный контроль выполняют в соответствии со схемами, входящими в состав технологической карты, и содержат ведомость применяемых грунтов, с указанием их вида и разновидности, оптимальной влажности, максимальной плотности, допускаемых отклонений коэффициентов уплотнения, требуемой толщины слоев, числа проходов катка по одному следу (в соответствии с актом пробного уплотнения).

Приемочный контроль производится после окончания строительства с оформлением соответствующего, акта без которого начало следующего этапа - работ по строительству дорожной одежды не допускается.

ПРАКТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

Перечень тем лабораторных занятий

1. Изучение кристаллического строения породообразующих минералов.
2. Определение основных физических свойств минералов.
3. Изучение классов минералов и определение их названия с помощью определителя.
4. Изучение основных видов магматических пород и определение их отличительных признаков.
5. Изучение основных видов метаморфических пород и описание предложенного образца.
6. Изучение основных видов осадочных горных пород.
7. Изучение петрографического состава осадочных пород и определение вида грунта в соответствии с классификацией СТБ 943-2007.
8. Отражение геологического строения земной поверхности с помощью стратиграфических колонок и разрезов.
9. Определение вида грунта визуальным методом.
10. Определение вида грунта по результатам метода С.И.Рутковского.
11. Изучение прямых методов и определение вида грунта по результатам ситового метода.
12. Отражение гранулометрического состава грунта с помощью диаграмм и суммарных кривых.
13. Определение влажности грунта.
14. Определение коэффициента фильтрации песчаных грунтов.
15. Определение плотности дисперсного и сухого грунта.
16. Определение плотности частиц грунта и вычисление производных плотностей.
17. Определение пористости горных пород.

РАЗДЕЛ КОНТРОЛЯ ЗНАНИЙ

Перечень вопросов, выносимых на экзамен по дисциплине «Инженерная геология»

1. Возраст горных пород.
2. Современные сведения о строении Земного шара.
3. Эры и периоды геохронологического развития Земли.
4. Характеристика строения земной коры.
5. Инженерно-геологическое районирование.
6. Тектонические движения земной коры и вызванные ими явления.
7. Экзогенные процессы криогенного характера.
8. Экзогенные процессы эолового характера.
9. Экзогенные процессы водного характера: растворение, суффозия и размы-

вание.

10. Заболачивание как вид экзогенного процесса.
11. Выветривание как процесс разрушения.
12. Характеристика гравитационных процессов.
13. Образование и классы минералов.
14. Физические свойства минералов.
15. Породообразующие минералы. Кристаллохимический состав минералов.
16. Первичные и вторичные минералы. Схемы и свойства монтмориллонита и каолинита.
17. Образование горных пород.
18. Классификация и характеристика основных представителей магматических горных пород.
19. Метаморфизм - вид образования горных пород.
20. Классификация и характеристика основных представителей метаморфических горных пород.
21. Образование и классификация осадочных горных пород.
22. Классификация грунтов по СТБ 943-2007. Крупнообломочные грунты.
23. Классификация грунтов по СТБ 943-2007. Песчаные грунты.
24. Классификация грунтов по СТБ 943-2007. Пылевато-глинистые грунты.
25. Типы и подтипы глинистых грунтов.
26. Характеристика кристаллического фундамента территории Беларуси.
27. Характеристика геологических отложений ледниковых периодов.
28. Основные особенности рельефа кровли антропогенного покрова.
29. Составляющие фазы грунта.
30. Состав, состояние и строение грунтов.
31. Структурные связи в грунтах.
32. Поземные воды.
33. Характеристика грунтовых вод.
34. Движение грунтовых вод.
35. Связанная вода в грунтах.
36. Влагоемкость и водопроницаемость.
37. Коллоиды и коллоидные системы (мицеллы).
38. Поглощительная способность грунтов.
39. Слабые грунты и их применение в качестве основания дорожной конструкции.
40. Классификация физических свойств грунтов.
41. Зерновой и микроагрегатный состав грунтов.
42. Графическое отображение гранулометрического состава грунтов.
43. Плотности грунта.
44. Показатели уплотнения грунтов в дорожном строительстве.
45. Пористость грунта.
46. Характерные влажности грунта.
47. Естественная и оптимальная влажности.
48. Переувлажнение грунтов.

49. Пластичность и консистенция грунтов.
50. Связность и липкость грунтов.
51. Набухание и пучинообразование грунтов.
52. Усадка и просадка грунтов.
53. Виды деформации грунтов.
54. Сопротивление грунта одноосному сжатию и разрыву.
55. Оценка прочности песчаных и глинистых грунтов.
56. Модуль деформации грунта.
57. Модуль упругости грунта.
58. Модуль осадки грунта.
59. Сопротивляемость грунта сдвигу.
60. Режимы миграции воды в грунтах, уравнение водного баланса. Климатическое районирование территории Беларуси.
61. Влияние температуры на тепловой режим грунтов и определение глубины их промерзания.
62. Регулирование водно-теплового режима грунтов при строительстве автомобильных дорог.
63. Разделение грунтов по происхождению и их залегание на территории Беларуси.
64. Классификация грунтов по пригодности для земляного полотна по относительному морозному пучению.
65. Применимость грунтов при искусственном укреплении вяжущими материалами.
66. Методы искусственного изменения состояния грунтов.
67. Структура, сложение и цвет почвы, как грунта.
68. Законы залегания и характеристика почвенных зон. Типы почв Беларуси.
69. Закладка шурфов и оценка состояния грунта при полевом обследовании инженерно-геологических условий района.
70. Полевое обследование почвенного состояния района.
71. Инженерно-геологическая характеристика трассы.
72. Полевое обследование заболоченных участков местности.

ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЙ РАЗДЕЛ

Основная литература

1. Бабаскин, Ю.Г. Дорожное грунтоведение и механика земляного полотна: учебное пособие для студентов учреждений высшего образования по специальностям «Автомобильные дороги», «Мосты, транспортные тоннели и метрополитены» / Ю.Г.Бабаскин. – Минск: «Новое знание», Москва: «ИНФРА-М», 2013. - 462 с.
2. Бабаскин Ю.Г. Дорожное грунтоведение. Практикум: учебное пособие для студентов учреждений высшего образования по специальности «Автомобильные дороги». / Ю.Г.Бабаскин Ю.Г. – Минск: «Высшая школа», 2020. – 316 с.

Дополнительная литература

1. Маслов, Н.Н. Основы инженерной геологии и механики грунтов / Н.Н.Маслов. -М.: Высшая школа, 1982. – 511 с.
2. Вырко, Н.П. Дорожное грунтоведение с основами механики грунтов: учебник для студентов лесотехнических специальностей высших учебных заведений / Н.П.Вырко, Леонович И.И. – Минск: Вышэйшая школа, 1977. – 224 с.
3. Ломтадзе, В.Д. Методы лабораторных исследований физико-механических свойств горных пород / В.Д.Ломтадзе. Л.: Недра, 1972. – 353 с.
4. Методическое пособие по проведению учебной практики по дисциплине «Дорожное грунтоведение и механика земляного полотна дорог» для студентов специальности Т.19.03 «Строительство дорог и транспортных объектов» / Ю.Г.Бабаскин [и др.]. - Минск: БГПА, 1999. – 72 с.