

Охотинское общество грунтоведов

ГРУНТОВЕДЕНИЕ

Gruntovedenie

№ 2(11)
2018

Журнал основан в 2012 г.

Главный редактор
Р.Э. Дашко

Редакционная коллегия:
Е.А. Вознесенский, В.В. Дмитриев, М.С. Захаров, Д.Ю. Здобин (зам. главного редактора)
И.П. Иванов, В.М. Кнатько, В.А. Королев, Н.Г. Корвет,
Н.Н. Матинян, А.А. Свертилов

Выпускающий редактор
Д.Ю. Здобин

Зав. редакцией Ю.Ю. Соколова
Адрес редакции: 190068, Санкт-Петербург, Лермонтовский пр., 7, лит. А
тел.: +7 921 986-07-57
www.okhotin-grunt.ru
E-mail: gruntovedenie@mail.ru
okhotin-grunt@mail.ru

Санкт-Петербург
Издательство «Центр генетического грунтоведения»

УДК 624.131.1
ББК 26.3

СОДЕРЖАНИЕ

МЕТОДОЛОГИЯ

ГОСТ 25100 -201 Грунты. Классификация (пересмотр) 5

А.А. Свертилов, А.В. Иоспа, О.И. Игнатова

История номенклатур и классификаций грунтов 42

ЛАБОРАТОРНОЕ ГРУНТОВЕДЕНИЕ

Д.Ю. Здобин, Ю.В. Симонова, А.В. Русаков

**Методы лабораторного определения степени засоленности в почвах и грунтах.
Состояние вопроса 48**

ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОЛОГИЯ САНКТ-ПЕТЕРБУРГА

Л.К. Семенова

Механические свойства песчаных грунтов г. Санкт-Петербурга 57

ЮБИЛЕИ

Владимир Александрович Королев 64

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ 66



22 октября 2018 г. в возрасте 53 лет скоропостижно ушел из жизни наш коллега, видный ученый, доктор геолого-минералогических наук **Дмитрий Юрьевич Здобин**.

Это тяжелая, безвременная и невозполнимая утрата. Вся его жизнь – яркий пример беззаветного служения науке и верности своим идеалам и убеждениям. Мы потеряли кристально честного ученого, фанатично преданного науке, которая была главным смыслом его жизни, искреннего и надежного друга, готового прийти на помощь в сложной ситуации, и настоящего Человека, без которого жизнь уже не будет прежней.

Дмитрий Юрьевич родился 16 июня 1965 года в Уфе. Со школьных лет он увлекался геологией, ездил в экспедиции. В 1982 г. после окончания средней школы поступил на геологический факультет Ленинградского государственного университета, который окончил в 1987 г. и по распределению был направлен в Южно-Сахалинск, где до 1994 года проработал инженер-геологом Дальневосточной морской инженерно-геологической экспедиции НПО «Союзморинжгеология». В 1996-2000 г.г. Д.Ю. Здобин – сотрудник кафедры грунтоведения и инженерной геологии Санкт-Петербургского университета. В 1999 году он защитил кандидатскую диссертацию «Шельфовые илы Охотского моря. Состав, строение, физико-механические свойства, условия образования». В дальнейшем трудовая биография Д.Ю. Здобина была связана с изучением физико-механических свойств грунтов в лаборатории отдела инженерных изысканий ГУП «Трест ГРИИ», а также с работой главным инженером Центрального военно-морского музея Министерства обороны РФ.

В 2005 году Дмитрий Юрьевич стал инициатором создания «Охотинского общества грунтоведов», одной из задач которого было сохранение и популяризация научного наследия известного ученого В.В. Охотина, его учеников и последователей, основателем и заместителем главного редактора научного журнала «Грунтоведение», издающегося под эгидой этого научного общества.

В 2011-2015 г.г. он выполнял обязанности главного геолога ООО «НТЦ Технологии XXI век», проводил экспертизу результатов инженерно-геологических изысканий на крупнейших строительных объектах Санкт-Петербурга. Позднее занимался преподавательской и научной деятельностью на кафедре почвоведения и экологии почв института наук о Земле СПбГУ, был членом экспертного

совета Всероссийского общества охраны памятников истории и культуры.

В 2018 году Дмитрий Юрьевич стал доктором геолого-минералогических наук, защитив докторскую диссертацию, которая стала итогом его более чем 25-летней работы, связанной с изучением органоминеральных грунтов. В сферу его научных интересов входили генетическое грунтоведение и морская инженерная геология, лабораторные методы исследования физико-механических свойств грунтов и искусственный литогенез, а также история науки.

Дмитрий Юрьевич внес большой вклад в грунтоведение и инженерную геологию. Он – автор более 100 научных публикаций, активно и продуктивно участвовал в актуализации, гармонизации и написании новых нормативных документов в области инженерных изысканий для строительства. Дмитрий Юрьевич вел активную преподавательскую деятельность, всегда был готов поделиться опытом с коллегами, передать накопленные знания молодым ученым. Он читал лекции как для студентов в университете, так и для специалистов на курсах повышения квалификации.

Дмитрий Юрьевич прожил яркую насыщенную жизнь, всегда имел активную позицию, был принципиальным, бескомпромиссным человеком, отличался высочайшим профессионализмом, исключительным трудолюбием, широкой образованностью. Его характерными чертами были доброта, жизнелюбие, оптимизм и чувство юмора.

Дмитрий Юрьевич был, пожалуй, несистемным человеком в цехе инженеров-геологов, человеком другого века, будущего или прошлого, но точно не нашего. Непрактичный, угловатый, часто нервный, дымящий дешевыми сигаретами, он при этом находил средства для изданий монографии В.В. Охотина, журнала «Грунтоведение» и на другие не доходные дела. Выезжал в научные экспедиции и приезжал на конференции за свой счет, без командировочного удостоверения, но с очередными выпусками «Грунтоведения». Своим бескорыстием он был, подчас, почти укором для нас. Долго, мучительно и безнадежно болея, он все же подготовил и защитил докторскую диссертацию, часто работая в реанимационных палатах.

Мы будем помнить тебя, практичные, житейски умелые, в меру ловкие и умеренно принципиальные, хотя бы потому, что ты был другим.

Светлая память тебе, Дмитрий Юрьевич!

Твои друзья и коллеги

МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ

ГРУНТЫ

Классификация
Soils Classification**1 Область применения**

Настоящий стандарт распространяется на все грунты и устанавливает их классификацию, применяемую при производстве инженерных изысканий, проектировании и строительстве зданий и сооружений.

К наименованиям грунтов и их характеристикам, предусмотренным настоящим стандартом, допускается вводить дополнительные наименования и характеристики, если это необходимо для более детального подразделения грунтов с учетом природных условий района строительства и специфики отдельных видов строительства.

Дополнительные наименования и характеристики грунтов не должны противоречить классификации настоящего стандарта и должны учитывать частные классификации, установленные в отраслевых нормативных документах.

В настоящем стандарте грунт рассматривается как однородная по составу, строению и свойствам часть грунтового массива.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы ссылки на следующие стандарты:

ГОСТ 5180—2015 Грунты. Методы лабораторного определения физических характеристик

ГОСТ 10650—2013 Торф. Метод определения степени разложения

ГОСТ 12248—2010 Грунты. Методы лабораторного определения характеристик прочности и деформируемости

ГОСТ 12536—2014 Грунты. Методы лабораторного определения гранулометрического

(зернового) и микроагрегатного состава

ГОСТ 20276—2012 Грунты. Методы полевого определения характеристик прочности и деформируемости

ГОСТ 21153.2—84 Породы горные. Методы определения предела прочности при одноосном сжатии

ГОСТ 23161—2012 Грунты. Метод лабораторного определения характеристик просадочности

ГОСТ 23740—2016 Грунты. Методы определения содержания органических веществ

ГОСТ 25584—2016 Грунты. Метод лабораторного определения коэффициента фильтрации

ГОСТ 28622—2012 Грунты. Метод лабораторного определения степени пучинистости

ГОСТ 34276—2017 Грунты. Метод лабораторного определения удельного сопротивления пенетрации

ГОСТ 34259-2017 Грунты. Методы лабораторного определения липкости

3 Термины и определения

В настоящем стандарте применены следующие термины с соответствующими определениями:

3.1. грунт: Общее прикладное наименование горных пород, осадочных отложений и техногенных образований, которые изучаются в связи с инженерно-строительной деятельностью как многокомпонентные динамические системы и являются частью геологической среды.

3.2. грунт антропогенный: Грунт, созданный человеком, — в том числе грунт, образованный в результате естественно-историческо-

¹ Редакция журнала «Грунтоведение» продолжает традицию публикации нормативных документов в области лабораторных испытаний грунтов. В этом номере публикуется полный текст 1-й редакции основного документа в этой сфере – ГОСТ Грунты. Классификация с развернутой пояснительной запиской ведущей организации разработчика Научно-исследовательского института оснований и подземных сооружений (НИИ-ОСП им. Н.Г. Герсеванова).

го освоения территорий (культурные слои), а также твердые бытовые и промышленные отходы, искусственные материалы, являющиеся (ставшие) компонентами геологической среды.

3.3. грунт глинистый: Связный грунт, обладающий свойством пластичности за счет преимущественного содержания минеральных частиц глинистой и пылеватой фракции.

3.4. грунты глинистые литифицированные: Глинистые грунты, у которых прочностные и деформационные свойства определяются конденсационно-цементационными связями, прошедшие в своем развитии стадию диагенеза.

3.5. грунт дисперсный: Грунт, состоящий из структурных элементов (совокупности твердых частиц), между которыми отсутствуют жесткие структурные связи.

3.6. грунт заторфованный: Песчаный или глинистый грунт, содержащий в своем составе от 3% (для песка) и от 5% (для глинистого грунта) до 50% (по массе) органического вещества, представленного преимущественно растительными остатками.

3.7. грунт крупнообломочный: Несвязный минеральный грунт, в котором масса частиц размером более 2 мм составляет более 50%.

3.8. грунт мерзлый: Грунт, имеющий отрицательную или нулевую температуру по шкале Цельсия, содержащий видимые ледяные включения и (или) лед-цемент, и характеризующийся преимущественно криогенными структурными связями.

3.9. грунт минеральный: Грунт, состоящий из неорганических веществ, или содержащий менее 3% органического вещества.

3.10. грунт морозный: Скальный грунт, имеющий отрицательную температуру, в котором содержание льда незначительно, и наличие криогенных структурных связей не влияет на прочностные, деформационные или теплофизические свойства.

3.11. грунт набухающий: Глинистый грунт, увеличивающий свой объем при замачивании водой и имеющий относительную деформацию набухания $\epsilon_{sw} \geq 0,04$ (в условиях свободного набухания) или развивающий давление набухания (в условиях ограниченного набухания).

3.12. грунт несвязный: Дисперсный грунт с преобладанием механических контактов и сыпучий в сухом состоянии.

3.13. грунт органический: Грунт, содержащий по массе 50% и более органического вещества.

3.14. грунт органоминеральный: Грунт, содержащий по массе от 3% до 50% органическо-

го вещества.

3.15. грунт охлажденный: Грунт, в котором при данной отрицательной температуре не содержится лёд и отсутствуют криогенные структурные связи.

3.16. грунт песчаный (песок): Минеральный несвязный непластичный грунт, содержащий по массе более 50% частиц размером от 0,05 мм до 2 мм.

3.17. грунт пластичномерзлый: Мерзлый грунт, проявляющий вязко-пластичные свойства под внешней нагрузкой.

3.18. грунт промороженный: Грунт, замороженный искусственно.

3.19. грунт просадочный: Грунт, который под действием внешней нагрузки и (или) собственного веса при замачивании водой претерпевает вертикальную деформацию (просадку) и имеет относительную деформацию просадки $\epsilon_{sl} \geq 0,01$.

3.20. грунт пучинистый: Дисперсный грунт, который при промерзании увеличивается в объеме вследствие кристаллизации поровой и мигрирующей воды, и имеет относительную деформацию морозного пучения $\epsilon_{fh} \geq 0,01$.

3.21. грунт связный: Дисперсный грунт, прочностные и деформационные свойства которого определяются наличием физических и физико-химических структурных связей.

3.22. грунт скальный: Грунт, имеющий необратимые жесткие структурные связи кристаллизационного и/или цементационного типа.

3.23. грунт сыпучемерзлый: Грунт крупнообломочный или песчаный, имеющий отрицательную температуру, но не сцементированный льдом вследствие малой влажности.

3.24. грунт твердомерзлый: Дисперсный грунт, прочно сцементированный льдом, слабо сжимаемый под внешней нагрузкой и характеризующийся хрупким разрушением.

3.25. грунт техногенный: Грунт, измененный, перемещенный или преобразованный в результате инженерно-хозяйственной деятельности человека.

3.26. грунт техногенно измененный: Природный грунт, подвергнутый техногенному воздействию (химическому, физическому, физико-химическому и т.п.).

3.27. грунт техногенно перемещенный: Природный грунт, перемещенный тем или иным способом и подвергнутый при этом частичному преобразованию.

3.28. грунт техногенно преобразованный (геокомпозит): искусственно образованный грунт, созданный на основе дисперсного грун-

та, инертных материалов и химических реагентов.

3.29. наполнитель: Песчано-глинистый и (или) органический или органоминеральный материал в пространстве скелета крупнообломочного грунта.

3.30. ил: Нелитифицированный морской или пресноводный органоминеральный донный осадок текучей консистенции, содержащий более 3% (по массе) органического вещества.

3.31. криогенная текстура: Совокупность признаков сложения мерзлого грунта, обусловленная ориентацией, относительным расположением и распределением различных по форме и размерам ледяных включений и льда-цемента.

3.32. ледогрунт: Грунт, содержащий в своем составе более 90 % льда.

3.33. липкость: Способность глинистого грунта прилипать к поверхностям механизмов.

3.34. массив скального грунта (скальный массив): Локальная форма рельефа, полужительная относительно базиса эрозии, обособленная эрозионными формами, и сложенная, в основном, скальными грунтами

3.35. органическое вещество: Органические соединения, входящие в состав грунта в виде остатков растений и животных организмов, а также продуктов их разложения и преобразования.

3.36. отдельность (блок отдельности): Текстуальная форма скальных грунтов, образованная генетическими трещинами, свойства которой могут быть охарактеризованы лабораторными исследованиями образцов скального грунта.

3.37. потенциал разжижения грунта F_L : Отношение критического значения касательного напряжения, вызывающего разжижение грунта при данном уровне сжимающих напряжений и длительности воздействия, к значению максимальных касательных напряжений, возникающих в грунте при прогнозируемом землетрясении.

3.38. разжижение: Переход водонасыщенного дисперсного грунта в текучее (пльвунное) состояние под внешним воздействием (статическим, динамическим, фильтрационным).

3.39. разрушение хрупкое: Разделение твердого тела, сопровождаемое небольшой пластической деформацией или ее отсутствием.

3.40. сапрпель: Нелитифицированный органоминеральный или органический осадок пресноводных застойных водоемов (или по-

гребенный осадок), содержащий более 10 % (по массе) органического вещества.

3.41. состав грунта гранулометрический: Содержание первичных (не агрегированных) частиц (структурных элементов) по фракциям крупности, выраженное в процентах по отношению к общей массе грунта.

3.42. структура грунта: Пространственная организация структурных элементов грунта, определяемая их размером, формой, морфологией, ориентацией и характером структурных связей.

3.43. структурные связи: Связи между структурными элементами грунта.

3.44. структурный элемент грунта: Наименьший по объему естественный агрегат (компактная совокупность) составляющего грунт минерального и органического материала, полностью сохраняющий свои специфические физические свойства, и имеющий более прочные внутренние связи, чем внешние.

3.45. текстура грунта: Строение, обусловленное ориентацией и пространственной организацией структурных элементов грунта.

3.46. температура начала замерзания: Температура, при которой начинается кристаллизация содержащейся в порах грунта воды.

3.47. торф (торфяной грунт): Органический грунт болотного, озерного или аллювиально-болотного генезиса, содержащий в своем составе 50 % (по массе) и более органического вещества, представленного преимущественно растительными остатками.

3.48. трещиноватость скального массива: Нарушенность монолитности скальной породы трещинами, а также совокупность трещин в скальном массиве.

4 Общие положения

4.1 Классификация грунтов включает в себя следующие таксономические единицы, выделяемые по группам признаков:

- класс (подкласс) – по типу структурных связей;
- группа (подгруппа) – по генезису и условиям образования;
- тип (вид) – по вещественному, петрографическому или литологическому составу;
- разновидность – по количественным показателям состава, состояния и свойств грунтов.

4.2 Наименования грунтов должны содержать сведения об их геологическом возрасте в соответствии с местными стратиграфическими схемами, принятыми в установленном порядке.

4.3 В характеристики грунтов по разновидностям, предусмотренные настоящим стандартом, допускается вводить дополнения и изменения в случаях появления новых критериев выделения разновидностей грунтов по результатам научно-технических разработок.

5 Классификация грунтов

5.1 Грунты подразделяют на следующие классы: скальные (см. таблицу 1), дисперсные (см. таблицу 2) и мерзлые (см. таблицу 3).

Геотехническая типизация грунтов инженерно-геологических подклассов (см. таблицы 1 –3) по основным геотехническим свойствам приведена в таблице 4.

Основные показатели состава и свойств грунтов приведены в приложении А.

5.2 К классу скальных грунтов относят грунты, обладающие необратимыми устойчивыми химическими связями.

По генезису и вещественному составу в классе скальных грунтов выделяют соответственно: группы (подгруппы), типы и виды, представленные в таблице 1. Разновидности скальных грунтов выделяют по количественным показателям их состояния и свойств (см. часть Б.1 приложения Б и часть В.1 приложения В). Классификация массивов скальных грунтов приведена в приложении Г.

5.3 К классу дисперсных грунтов относят грунты, обладающие физическими, физико-химическими и контактными связями.

Грунты преимущественно с механическими контактами выделяют в подкласс несвязных (сыпучих) грунтов, а грунты преимущественно с физическими и физико-химическими структурными связями — в подкласс связных грунтов.

По генезису и вещественному составу в классе дисперсных грунтов выделяют соответственно группы (подгруппы), типы и виды, представленные в таблице 2. Разновидности дисперсных грунтов выделяют по количественным показателям их вещественного состава, состояния и свойств (см. часть Б.2 приложения Б и часть В.2 приложения В).

5.4 К классу мерзлых грунтов относят грунты, обладающие наряду со структурными связями немерзлых грунтов (базовые связи) криогенными связями (за счет льда).

Грунты с базовыми связями и наложенными криогенными структурными связями выделяют в подкласс скальных мерзлых грунтов; грунты с криогенными и базовыми структурными связями – в подкласс дисперсных мерз-

лых грунтов; грунты только с криогенными связями – в подкласс ледяных грунтов.

По генезису и вещественному составу в классе мерзлых грунтов выделяют соответственно группы и подгруппы, типы и виды, представленные в таблице 3. Разновидности природных мерзлых грунтов выделяют по количественным показателям их вещественного состава, строения, состояния и свойств (см. часть Б.3 приложения Б и часть В.3 приложения В).

5.5 Сопоставление классификации дисперсных грунтов с международными классификациями, изложенными в [1] и [2], приведено в приложениях Д и Е.

6. Обозначения

6.1 Основные обозначения характеристик грунтов, используемые в настоящем стандарте, приведены в приложении Ж.

Таблица 1

Класс скальных грунтов с необратимыми устойчивыми химическими связями

Название	Подкласс		Группа (генезис)	Подгруппа (условия образования)	Тип (вещественный состав)	Вид (петрографический)	Разновидности	
	Тип связи							
Скальные прочные	Кристаллизационные и кристаллизационно-цементационные		Магматические	Интрузивные глубинные	Силикатные	Согласно таблице В.1	Выделяют в соответствии с разделом В.1 приложения Б, разделом В.1 приложения В и приложением Г.	
				Интрузивные приповерхностные				
				Эффузивные				
	Цементационные		Метаморфические	Локальный метаморфизм	Силикатные Карбонатные	Согласно таблице В.2		
				Катакластический метаморфизм				
				Региональный метаморфизм				
				Вулканокластическое				
	Скальные не прочные		Вулканогенно-обломочные	Осадочно-вулканокластическое	Силикатные	Лавобрекчии Туфы Туффиты Пирокласты		
				Осадочные литифицированные				
			Конденсационно-цементационные		Осадочные литифицированные	Региональный катагенез высокой степени литификации	Силикатные Карбонатные Галогенные Сульфатные Органо-минеральные	Конгломераты Гравелиты Песчаники Алевролиты Аргиллиты Сланцы
Региональный катагенез низкой степени литификации								
Геодинамические эндогенные зоны								
Деструктивно-дискретные				Элювиальные	Верхние зоны кор выветривания	Силикатные Карбонатные	Тектонические класолиты	
					Техногенно-сцементированные			
Цементационные		Техногенные	Техногенно-сцементированные	Вторичные силикаты	Полускальные элювиальные грунты			
			Техногенно-сцементированные					
Цементационные		Техногенные	Техногенно-сцементированные	Базовый состав с техногенным наполнителем	Техногенно измененные			
			Техногенно-сцементированные					

Таблица 2 Класс дисперсных грунтов с физическими, физико-химическими или контактными структурными связями

Подкласс Наименование	Тип связи	Группа (генезис)	Подгруппа (условия образования)	Тип (вещественный состав)	Вид (петрографический)	Разновидности
Связные	Водно-коллоидные и во-локнистые	Осадочные	Флювиальные, ледниковые, эоловые, склоновые и др.	Минеральные	Крупнообломочные грунты Пески	Выделяют в соответствии с частью Б.2 приложения Б и частью В.2 приложения В
		Элювиальные	Образованные в результате выветривания: физического, физико-химического, химического	Минеральные	Крупнообломочные грунты и пески обломочных и дисперсных зон коры выветривания	
						Техногенные
		Антропогенно образованные грунты	Антропогенно образованные грунты	Различные виды антропогенных грунтов	Различные виды антропогенных грунтов	
						Осадочные
		Элювиальные	Озерно-болотные, болотные, аллю-виально-болотные и др.	Органо-минеральные	Илы Сапропели Загорфованные глинистые грунты	
						Техногенные
		Техногенные	Техногенно измененные, перемещенные и преобразованные природные несвязные грунты	Минеральные	Глинистые грунты дисперсных зон коры выветривания	
						Антропогенно образованные грунты

Таблица 3 Класс мерзлых грунтов с криогенными и базовыми структурными связями

Подкласс Наименование	Тип связи		Группа (генезис)	Подгруппа (условия образования)	Тип (вещественный состав)	Вид (петрографический)	Р а з н о в и д - н о с - т и
	Б а з о в ы е связи с на- ложенными криогенны- ми	Криогенные					
Полускальные мерзлые			Природные Мерзлые	Магматические (интрузивные, эффузивные), метаморфические, осадочные, вулканогенно-осадочные, элювиальные	Все типы полускальных грунтов	Все виды полускальных грунтов	
			Техногенные	Природные промороженные Мерзлые природные термостабилизированные грунты	Все типы полускальных грунтов	Все виды полускальных грунтов	
Д и с п е р с н ы е мерзлые			Природные Мерзлые	Промороженные грунты с приобретенными цементационными связями	Антропогенно образованные грунты	Различные виды антропогенных грунтов	Выделяют в соответствии с частью Б.3 приложения Б и частью В.3 приложения В
			Техногенные	Осадочные, вулканогенно-осадочные, элювиальные Природные промороженные Мерзлые природные термостабилизированные грунты Перемещенные мерзлые и перемещенные искусственно промороженные грунты	Все типы дисперсных грунтов Все типы дисперсных грунтов	Все виды дисперсных грунтов Все виды дисперсных грунтов	
Ледогрунт и лед			Криогенные	Промороженные грунты с приобретенными цементационными связями	Антропогенно образованные грунты	Различные виды антропогенных грунтов	
			Техногенный	Сегрегационные, инъекционные, ледниковые, наледные, речные, озерные, морские, донные, инфильтрационные, жильные, повторно-жильные, пещерные и др. Намороженные и перемещенные льды и ледогрунты	Все грунты с льдистостью более 0,9	Льды разного состава Ледогрунты разного состава	

Таблица 4
 Геотехническая типизация талых грунтов инженерно-геологических подклассов (таблицы 1-2) по основным геотехническим свойствам

Класс	Группа (признак)	Подгруппа		Геотехническая разность		Общая характеристика под-грушпы	
		Название (классификационный признак)	Петрографические и литологические типы	Название	Основные геотехнические характеристики		
С к а л ь н ы е	Скальные прочные ($R_c \geq 5$)	Прочные и средней прочности ($R_c \geq 15$)	Магматические и метаморфические (гранит, базальт, кварцит, гнейс, сланцы)	Монолитные и слабогравелистые	$KTP \leq 0,5$ $RQD_E \geq 75$	Плотность более 2,6. Пористость – доли процента. Водостойкие. Не размокают. Водопроницаемость по трещи-нам. Анизотропия	
		М а л о п р о ч н ы е ($5 \leq R_c < 15$)	Магматические и метаморфические (скарны, милониты, известняки, песчаники, конгломераты гипс)	Среднегравелистые и сильногравелистые	$0,5 > KTP \geq 1,5$ $50 \leq RQD_E < 75$		
	Скальные непрочные (полускальные) $5 > R_c \geq 1$	Пониженной и низкой ($5 > R_c \geq 3$)	Глинистые литификаты (аргиллиты, алевролиты. глинистые сланцы, мергели)	От сильногравелистых до разбурных	$1,5 \leq KTP \leq 3$ $30 \leq RQD_E < 75$	$1,5 < KTP \leq 3$ $25 < RQD_E \leq 50$	Плотность более 2,2 г/см ³ . Пористость менее 15 % Водостойкость определяет тип цемента (глинистый - не-большая, карбонатный и сульфатный - растворяются). Анизотропия сложения
				Очень измененные			
	Скальные непрочные (полускальные) $5 > R_c \geq 1$	Непрочные $3 > R_c \geq 1$	Грунты кор выветривания от полускального элювия до глинистых и терригенно-карбонатные слаболигифицированные грунты	Очень измененные	$KTP < 3$ $RQD_E < 25$	Плотность от 1,5 г/см ³ и выше в зависимости от минерального состава и сложения. Пористость обычно более 15 % Не водостойкие, размокают. Водопроницаемость по напластованию. Анизотропные. Водостойкость невысокая, в воде размокают итеряют прочность, набухают	

Окончание таблицы 4

Класс	Группа (признак)	Подгруппа		Геотехническая разность			Общая характеристика подгруппы
		Название (классификационный признак)	Петрографические и литологические типы	Название и признаки для выделения	Основные геотехнические характеристики		
Д и с п е р с н ы е	Несвязные ($I_p < 1$)	Крупнообломочные ($L \geq 2$)	В ал у н н о - г л ы б о в ы е, г а л е ч н о - г р а в и й н ы е и щ е б е н и с т о - д р е с в я н н ы е	Валунно-глыбовые с заполнителем	Прочность крупных обломков по коэффициенту истираемости K_{ir} и коэффициенту выветрелости K_{wt}	Прочность высокая и средняя, зависит от минералогического состава и крупности зерен. Слабо сжимаемы, сопротивление сдвигу высокое. Хорошо водопроницаемы, фильтруются проницаемо. При увеличении размера обломков. При содержании заполнителя более 40% для песчаного и более 30% для глинистого необходимо учитывать его состав и состояние.	
				Валунно-глыбовые без заполнителя			Состав заполнителя и степень водонасыщения грунта по S_r
				Щебенисто-древянные без глинистого заполнителя			Степень неоднородности C_u , д. е. и прочность обломков по коэффициенту истираемости K_{ir} и коэффициенту выветрелости K_{wt}
	Средне и мелкообломочные ($2 > L > 0,1$)	Пески	Щебенисто-древянные с глинистым заполнителем	Состав заполнителя и степень водонасыщения грунта по S_r	Прочность высокая и средняя, зависит состава, крупности и окатанности зерен. Слабо сжимаемы, сопротивление сдвигу высокое; хорошо водопроницаемы, фильтруются с увеличением размера зерен, уменьшаются при наличии заполнителя		
			Плотный $e < 0,60$	Гранулометрический состав и степень неоднородности C_u , д. е., состав заполнителя и водонасыщение S_r , д. е.			
			Средней плотности $0,60 < e < 0,75$ Рыхлый $e > 0,75$				
	Глинистые ($I_p \geq 1$)	Супесь ($1 \leq I_p < 7$) Суглинок ($7 \leq I_p < 17$) Глина ($I_p \geq 17$)	Супеси, суглинки, глины, от текучих до твердых литифицированных	Твердые $I_L < 0$	Механические характеристики и консистенция зависят от влажности. Текучие и пластичные разности имеют низкую прочность и высокую сжимаемость. Практически водонепроницаемы. Размокают, набухают и дают усадку.		
				Пластичные $0,25 < I_L < 1$			
				Текучие $I_L > 1$			

Приложение А (обязательное)

Основные показатели свойств и состава грунтов

А.1 Степень влажности грунта S_r , д. е.; определяют по формуле

$$S_r = \frac{w \rho_s}{e \rho_w}, \quad (\text{A.1})$$

где w – природная влажность грунта, д. е. (см. ГОСТ 5180);

e – коэффициент пористости грунта, д. е.;

ρ_s – плотность частиц грунта, г/см³ (см. ГОСТ 5180);

ρ_w – плотность воды, принимаемая равной 1 г/см³.

А.2 Коэффициент выветрелостискального грунта K_{wr} , д. е.; определяют по формуле

$$K_{wr} = \frac{\rho_b}{\rho_{nb}}, \quad (\text{A.2})$$

где ρ_b – плотность выветрелого грунта, г/см³ (см. ГОСТ 5180);

ρ_{nb} – плотность неветрелого грунта, г/см³ (см. ГОСТ 5180).

А.3 Коэффициент выветрелости крупнообломочного грунта K_{wrt} , д. е.; определяют по формуле

$$K_{wrt} = \frac{K_1 - K_0}{K_1}, \quad (\text{A.3})$$

где K_1 – отношение массы частиц размером менее 2 мм к массе частиц размером более 2 мм после испытания грунта на истирание в полочном барабане;

K_0 – отношение массы частиц размером менее 2 мм к массе частиц размером более 2 мм грунта в природном состоянии.

А.4 Коэффициент истираемости крупнообломочных грунтов K_f , д. е.; определяют по формуле

$$K_f = \frac{q_1}{q_0}, \quad (\text{A.4})$$

где q_1 – масса частиц размером менее 2 мм после испытания крупнообломочных фракций грунта (частицы размером более 2 мм) на истирание в полочном барабане;

q_0 – начальная масса пробы крупнообломочных

фракций (до испытания на истирание).

А.5 Коэффициент пористости грунта e , д. е.; определяют по формуле

$$e = \frac{\rho_s - \rho_d}{\rho_d}, \quad (\text{A.5})$$

где ρ_s – плотность частиц грунта, г/см³ (см. ГОСТ 5180);

ρ_d – плотность скелета (сухого) грунта, г/см³ (см. А.8).

А.6 Коэффициент размягчаемости в воде скального грунта K_{sof} , д. е.; определяют по формуле

$$K_{sof} = \frac{R_c}{R_{c, \text{вс}}}, \quad (\text{A.6})$$

где $R_c, R_{c, \text{вс}}$ – предел прочности грунта на одноосное сжатие соответственно в водонасыщенном и в воздушно-сухом состоянии (см. ГОСТ 12248, ГОСТ 21153.2).

А.7 Коэффициент сжимаемости мерзлого грунта m_p , МПа⁻¹, — параметр, характеризующий деформируемость мерзлого грунта под нагрузкой (см. ГОСТ 12248).

А.8 Коэффициент трещинной пустотности КТП, %, — отношение суммарной площади трещин к площади измерений.

А.9 Коэффициент фильтрации K_f , см/с или м/сут, — скорость фильтрации воды через грунт при градиенте напора, равном единице, и линейном законе фильтрации (см. ГОСТ 25584).

А.10 Липкость — прочность глинистых грунтов L , кПа, — усилие, необходимое для отрыва плоского штампа из заданного материала от грунта после их контакта в течение заданного времени при заданном давлении (см. ГОСТ 34259).

А.11 Льдистость грунта за счет видимых ледяных включений i_p , д. е.; определяют по формуле

$$i_p = \frac{\rho_i (w_{\text{л}} - w_w)}{\rho_i + \rho_j (w_{\text{л}} - w_w)}, \quad (\text{A.7})$$

где w_{tot} — суммарная влажность мерзлого грунта, д. е. (см. ГОСТ 5180);

w_m — влажность мерзлого грунта, расположенного между ледяными включениями, д. е.;

w_w — влажность мерзлого грунта за счет незамерзшей воды, д. е.;

ρ_s — плотность частиц грунта, г/см³ (см. ГОСТ

5180);

ρ_i — плотность льда, принимаемая равной 0,9 г/см³.

А.12 Относительная деформация набухания глинистого грунта без нагрузки ϵ_{sw} , д. е.,—отношение увеличения высоты образца глинистого грунта при замачивании после свободного набухания в условиях невозможности бокового расширения к начальной высоте образца природной влажности (см. ГОСТ 12248).

А.13 Относительная деформация просадки ϵ_{sl} , д. е.,—отношение разности высот образца грунта природной влажности и образца после его замачивания при заданном давлении к высоте образца природной влажности (см. ГОСТ 23161).

А.14 Относительное содержание органического вещества I_p , д. е.,—отношение массы органического вещества к массе абсолютно сухого грунта (см. ГОСТ 23740).

А.15 Плотность скелета (сухого) грунта ρ_d , г/см³; определяют по формуле

$$\rho_d = \frac{\rho}{1 + w}, \quad (A.8)$$

где ρ — плотность грунта, г/см³ (см. ГОСТ 5180); w — естественная влажность грунта, д.е. (см. ГОСТ 5180).

А.16 Показатель качества породы RQD , %,— отношение суммарной длины сохранных (неразрушившихся) кусков керна длиной более 10 см к длине пробуренного интервала в скважине.

А.17 Показатель текучести I_L , д.е., —показатель состояния глинистых грунтов; определяют по формуле

$$I_L = \frac{w - w_p}{I_p} \quad (A.9)$$

где w — естественная влажность грунта, % (см. ГОСТ 5180);

w_p —влажность на границе раскатывания, % (см. ГОСТ 5180);

I_p — число пластичности, %, (см. А.30).

А.18 Показатель чувствительности грунта S_r , д.е.,— отношение сопротивления недренированному сдвигу глинистых грунтов ненарушенного (c_u) и нарушенного сложения (c_{ur}) или отношение сопротивления грунта вращательному срезу (τ_{max}) к его остаточному сопротивлению (τ_{min}), определяют по формулам:

$$S_r = \frac{c_u}{c_{ur}} \quad \text{или} \quad S_r = \frac{\tau_{max}}{\tau_{min}}. \quad (A.10)$$

А.19 Пористость грунта n , %; определяют по формуле

$$n = \frac{\rho_s - \rho_d}{\rho_s} \times 100, \quad (A.11)$$

где ρ_s — плотность частиц грунта, г/см³ (см. ГОСТ 5180);

ρ_d — плотность скелета (сухого) грунта, г/см³.

А.20 Предел прочности грунта на одноосное сжатие R_c , МПа,—отношение нагрузки, при которой происходит разрушение образца, к площади его первоначального поперечного сечения (см. ГОСТ 12248, ГОСТ 21153.2).

А.21 Сопротивление недренированному сдвигу c_u , кПа,—характеристика прочности глинистых грунтов, определяемая по результатам недренированных лабораторных или полевых испытаний: трехосные испытания (ГОСТ 12248), вращательный срез (ГОСТ 20276), пенетрационные испытания (ГОСТ 34276-2017).

А.22 Степень засоленности грунта D_{sal} , %,— отношение массы водорастворимых солей в грунте к массе абсолютно сухого грунта.

А.23 Степень заполнения пор льдом и незамерзшей водой S_r , д. е.; определяют по формуле

$$S_r = \frac{(1 + w_{ic} + w_w) \rho_s}{e_f \rho_w}, \quad (A.12)$$

где w_{ic} — влажность мерзлого грунта, рассчитанная по содержанию порового льда, цементирующего минеральные частицы (лед-цемент), д. е., определяемая по формуле $w_{ic} = w_m - w_w$;

w_w — влажность мерзлого грунта за счет незамерзшей воды, д. е.;

w_m — влажность мерзлого грунта, расположенного между ледяными включениями, д. е.;

ρ_s — плотность частиц грунта, г/см³ (см. ГОСТ 5180);

e_f — коэффициент пористости мерзлого грунта;

ρ_w — плотность воды, принимаемая равной 1, г/см³.

А.24 Степень неоднородности гранулометрического состава C_u , д.е.;определяют по формуле

$$C_u = \frac{d_{60}}{d_{10}}, \quad (A.13)$$

где d_{60} , d_{10} — диаметры частиц, меньше которых в грунте содержится соответственно 60 % и

10% (по массе) частиц, мм.

А.25 Степень плотности песков I_D , д.е.; определяют по формуле

$$I_D = \frac{e_{\max} - e}{e_{\max} - e_{\min}}, \quad (A.14)$$

где e – коэффициент пористости грунта при искусственном сложении, д.е.;

e_{\min} – коэффициент пористости в предельно-плотном сложении, д.е.;

e_{\max} – коэффициент пористости в предельно-рыхлом сложении, д.е.

А.26 Степень морозной пучинистости ϵ_{fh} , д.е.; определяют по формуле (см. ГОСТ 28622)

$$\epsilon_{fh} = \frac{h_{0,f} - h_0}{h_0}, \quad (A.15)$$

где $h_{0,f}$ – высота образца промерзшего грунта, см;

h_0 – начальная высота образца грунта, см.

А.27 Степень разложения торфа D_{dp} , д. е., — отношение массы бесструктурной (полностью разложившейся) части торфа к его общей массе (см. ГОСТ 10650).

А.28 Степень растворимости скального грунта в воде q_{sr} , г/л, — величина, отражающая способность грунта растворяться в воде при нормальных условиях, определяемая при соотношении грунта и воды 1:5 и равная концентрации образующегося равновесного раствора.

А.29 Суммарная льдистость мерзлого грунта i_{tot} , д. е.; определяют по формуле

$$i_{tot} = i_i + i_z = \frac{\rho_f(w_{zz} - w_w)}{\rho_i(1 + w_{tot})}, \quad (A.16)$$

где i_i – то же, что и в А.11;

i_{ic} – льдистость грунта за счет льда-цемента (порового льда), д. е.;

w_{tot} – суммарная влажность мерзлого грунта, д. е. (см. ГОСТ 5180);

ρ_i – плотность льда, принимаемая равной 0,9 г/см³;

ρ_s – плотность частиц грунта, г/см³ (см. ГОСТ 5180);

ρ_f – плотность мерзлого грунта, г/см³ (см. ГОСТ 5180);

w_w – влажность мерзлого грунта за счет незамерзшей воды, д. е.

А.30 Число пластичности глинистых грунтов I_p , %; определяют по формуле

$$I_p = w_L - w_p, \quad (A.17)$$

где w_L – влажность на границе текучести, % (см. ГОСТ 5180);

w_p – влажность на границе раскатывания, % (см. ГОСТ 5180).

Приложение Б (обязательное)

Разновидности грунтов

Б.1 Разновидности скальных грунтов

Б.1.1 По пределу прочности на одноосное сжатие R_c в водонасыщенном состоянии (см. ГОСТ 12248, ГОСТ 21153.2) скальные грунты подразделяют на разновидности в соответствии с таблицей Б.1.

Таблица Б.1

Разновидность грунтов	Предел прочности на одноосное сжатие R_c , МПа
Скальные:	
- очень прочные	$R_c \geq 120$
- прочные	$120 > R_c \geq 50$
- средней прочности	$50 > R_c \geq 15$
- малопрочные	$15 > R_c \geq 5$
Полускальные:	
- пониженной прочности	$5 > R_c \geq 3$
- низкой прочности	$3 > R_c \geq 1$
- очень низкой прочности	$R_c < 1$
Примечание – Скальные и полускальные грунты, которые разрушаются при водонасыщении, относят к грунтам очень низкой прочности и размягчаемым (см. Б.1.5).	

Б.1.2 По плотности грунта ρ_d скальные грунты подразделяют на разновидности в соответствии с таблицей Б.2.

Таблица Б.2

Разновидность грунтов	Плотность скелета (сухого) грунта ρ_d , г/см ³
Очень плотный	$\rho_d \geq 2,50$
Плотный	$2,50 > \rho_d \geq 2,10$
Средней плотности	$2,10 > \rho_d \geq 1,20$
Низкой плотности	$\rho_d < 1,20$

Б.1.3 По пористости скальные грунты подразделяют на разновидности в соответствии с таблицей Б.3.

Таблица Б.3

Разновидность грунтов	Пористость n, %
Непористый	$n \leq 3$
Слабо пористый	$3 < n \leq 10$
Средне пористый	$10 < n \leq 30$
Сильно пористый	$n > 30$

Б.1.4 По коэффициенту выветрелости K_{wr} скальные грунты подразделяют на разновидности в соответствии с таблицей Б.4.

Таблица Б.4

Разновидность грунтов	Коэффициент выветрелости скальных грунтов K_{wr} , д. е.
Слабовыветрелый	$0,9 \leq K_{wr} < 1$
Средневыветрелый	$0,8 \leq K_{wr} < 0,9$
Сильновыветрелый	$K_{wr} < 0,80$

Б.1.5 По коэффициенту размягчаемости в воде K_{sof} скальные грунты подразделяют на разновидности в соответствии с таблицей Б.5.

Таблица Б.5

Разновидность грунтов	Коэффициент размягчаемости K_{sof} , д. е.
Неразмягчаемый	$K_{sof} \geq 0,75$
Размягчаемый	$K_{sof} < 0,75$

Б. 2 Разновидности дисперсных грунтов

Б.2.1 По размерам слагающие дисперсный грунт элементы и их фракции подразделяют в соответствии с таблицей Б.6.

Б.2.2 По гранулометрическому составу (см. ГОСТ 12536) крупнообломочные грунты и пески подразделяют на разновидности в соответствии с таблицей Б.7.

Таблица Б.6

Элементы грунта	Фракции	Размер фракций, мм
Валуны (глыбы)	Крупные	> 800
	Средние	400 – 800
	Мелкие	200 – 400
Галька (щебень)	Крупные	100 – 200
	Средние	60 – 100
	Мелкие	10 – 60
Гравий (дресва)	Крупные	5 – 10
	Мелкие	2 – 5
Песчаные частицы	Грубые	1 – 2
	Крупные	0,5 – 1
	Средние	0,25 – 0,5
	Мелкие	0,10 – 0,25
	Тонкие	0,05 – 0,10
Пылеватые частицы	Крупные	0,01 – 0,05
	Мелкие	0,002 – 0,01
Глинистые частицы	-	< 0,002

Таблица Б.7

Разновидность крупнообломочных грунтов и песков	Размер частиц d, мм	Содержание частиц, % по массе
Крупнообломочные:		
валунный (при преобладании неокатанных частиц - глыбовый)	>200	>50
галечниковый (при неокатанных гранях - щебенистый)	>10	>50
гравийный (при неокатанных гранях - дресвяный)	>2	>50
Пески:		
- гравелистый	> 2	> 25
- крупный	> 0,50	> 50
- средней крупности	> 0,25	> 50
- мелкий	> 0,10	≥ 75
- пылеватый	> 0,10	< 75

Окончание таблицы Б.7

Примечание – В крупнообломочных грунтах необходимо указывать вид и процентное содержание заполнителя. При наличии в крупнообломочных грунтах песчаного заполнителя более 40 % или глинистого заполнителя более 30 % от общей массы воздушно-сухого грунта в наименование крупнообломочного грунта включают наименование вида заполнителя и указывают характеристики его состояния (влажность, плотность, показатель текучести). Вид заполнителя устанавливают после удаления из крупнообломочного грунта частиц крупнее 2 мм. Если обломочный материал представлен ракушкой в количестве 50 % и более, грунт называют ракушечным, если от 25 % до 50 %, то к наименованию грунта добавляют слова «с ракушкой».

2. При наличии в крупнообломочных грунтах примерно равного количества частиц различной крупности это необходимо указывать в наименовании грунта (гравийно-галечниковый грунт, дресвяно-щебенистый).

Б.2.3 По степени неоднородности гранулометрического состава C_u крупнообломочные грунты и пески подразделяют на разновидности в соответствии с таблицей Б.8.

Таблица Б.8

Разновидность крупнообломочных грунтов и песков	Степень неоднородности гранулометрического состава C_u , ед.
Однородные	$C_u \leq 3$
Неоднородные	$C_u > 3$

Б.2.4 По степени влажности S_r крупнообломочные грунты и пески подразделяют на разновидности в соответствии с таблицей Б.9.

Таблица Б.9

Разновидность крупнообломочных грунтов и песков	Степень влажности S_r , д. е.
Малой степени водонасыщения (маловлажные)	$0 < S_r \leq 0,5$
Средней степени водонасыщения (влажные)	$0,5 < S_r \leq 0,8$
Водонасыщенные	$0,8 < S_r \leq 1$

Б.2.5 По коэффициенту пористости e пески естественного сложения подразделяют на разновидности в соответствии с таблицей Б.10.

Таблица Б.10

Разновидность песков	Коэффициент пористости e , д. е.		
	Пески гравелистые, крупные и средней крупности	Пески мелкие	Пески пылеватые
Плотный	$e \leq 0,55$	$e \leq 0,60$	$e \leq 0,60$
Средней плотности	$0,55 < e \leq 0,70$	$0,60 < e \leq 0,75$	$0,60 < e \leq 0,80$
Рыхлый	$e > 0,70$	$e > 0,75$	$e > 0,80$

Б.2.6 По коэффициенту выветрелости крупных обломков K_{wrt} крупнообломочные грунты подразделяют на разновидности в соответствии с таблицей Б.11.

Таблица Б.11

Разновидность крупнообломочных грунтов	Коэффициент выветрелости K_{wrt} , д. е.
Слабовыветрелый	$0 < K_{wrt} \leq 0,50$
Средневыветрелый	$0,50 < K_{wrt} \leq 0,75$
Сильновыветрелый	$0,75 < K_{wrt} \leq 1,00$

Б.2.7 По коэффициенту истираемости крупных обломков K_{fr} крупнообломочные грунты подразделяют на разновидности в соответствии с таблицей Б.12.

Таблица Б.12

Разновидность крупнообломочных грунтов	Коэффициент истираемости K_{fr} , д. е.
Неистираемый	$K_{fr} \leq 0,05$
Слабо истираемый	$0,05 < K_{fr} \leq 0,20$
Средней истираемости	$0,20 < K_{fr} \leq 0,30$
Сильно истираемый	$0,30 < K_{fr} \leq 0,40$
Легко истираемый	$K_{fr} > 0,40$

Б.2.8 По числу пластичности I_p глинистые грунты подразделяют на разновидности в соответствии с таблицей Б.13.

Таблица Б.13

Разновидность глинистых грунтов	Число пластичности $I_p, \%$
Супесь	$1 \leq I_p < 7$
Суглинок	$7 \leq I_p < 17$
Глина	$I_p \geq 17$
Примечание – Илы подразделяют по значениям числа пластичности, указанным в таблице, на супесчаные, суглинистые и глинистые.	

Б.2.9 По числу пластичности I_p и содержанию песчаных частиц глинистые грунты подразделяют на разновидности в соответствии с таблицей Б.14.

Таблица Б.14

Разновидность глинистых грунтов	Число пластичности $I_p, \%$	Содержание песчаных частиц (2-0,05 мм), % по массе
Супесь:		
- песчанистая	$1 \leq I_p < 7$	≥ 50
- пылеватая	$1 \leq I_p < 7$	< 50
Суглинок:		
- легкий песчанистый	$7 \leq I_p < 12$	≥ 40
- легкий пылеватый	$7 \leq I_p < 12$	< 40
- тяжелый песчанистый	$12 \leq I_p < 17$	≥ 40
- тяжелый пылеватый	$12 \leq I_p < 17$	< 40
Глина:		
- легкая песчанистая	$17 \leq I_p < 27$	≥ 40
- легкая пылеватая	$17 \leq I_p < 27$	< 40
- тяжелая	$I_p \geq 27$	Не регламентируется

Б.2.10 При наличии частиц размером более 2 мм глинистые грунты подразделяют на разновидности в соответствии с таблицей Б.15.

Таблица Б.15

Разновидность глинистых грунтов	Содержание частиц размером более 2 мм, % по массе
Супесь, суглинок, глина с галькой (щебнем), с гравием (дресвой) или с ракушкой	От 15 до 25 включ.
Супесь, суглинок, глина галечниковые (щебенистые), гравелистые (дресвяные) или ракушечные	Св. 25 до 50 включ.

Б.2.11 По показателю текучести I_L глинистые грунты подразделяют на разновидности в соответствии с таблицей Б.16.

Таблица Б.16

Разновидность глинистых грунтов	Показатель текучести $I_L, \text{д. е.}$
Супесь:	
- твердая	$I_L < 0$
- пластичная	$0 \leq I_L \leq 1,00$
- текучая	$I_L > 1,00$
Суглинки и глины:	
- твердые	$I_L < 0$
- полутвердые	$0 \leq I_L \leq 0,25$
- тугопластичные	$0,25 < I_L \leq 0,50$
- мягкопластичные	$0,50 < I_L \leq 0,75$
- текучепластичные	$0,75 < I_L \leq 1,00$
- текучие	$I_L > 1,00$

Б.2.12 По относительной деформации набухания без нагрузки ϵ_{sw} (см. ГОСТ 12248) глинистые грунты подразделяют на разновидности в соответствии с таблицей Б.17.

Таблица Б.17

Разновидность глинистых грунтов	Относительная деформация набухания без нагрузки $\epsilon_{sw}, \text{д. е.}$
Ненабухающий	$\epsilon_{sw} < 0,04$
Слабонабухающий	$0,04 \leq \epsilon_{sw} \leq 0,08$
Средненабухающий	$0,08 < \epsilon_{sw} \leq 0,12$
Сильнонабухающий	$\epsilon_{sw} > 0,12$

Б.2.13 По относительной деформации просадки ε_{sl} (см. ГОСТ 23161) при давлении 0,3 МПа глинистые грунты подразделяют на разновидности в соответствии с таблицей Б.18.

Таблица Б.18

Разновидность глинистых грунтов	Относительная деформация просадочности ε_{sl} , д. е.
Непросадочный	$\varepsilon_{sl} < 0,01$
Слабопросадочный	$0,01 \leq \varepsilon_{sl} \leq 0,03$
Среднепросадочный	$0,03 < \varepsilon_{sl} \leq 0,07$
Сильнопросадочный	$\varepsilon_{sl} > 0,07$

Б.2.14 По относительному содержанию органического вещества I_r (см. ГОСТ 23740) илы и сапропели подразделяют на разновидности в соответствии с таблицей Б.19.

Таблица Б.19

Разновидность илов и сапропелей	Относительное содержание органического вещества I_r , д. е.	
	Илы	Сапропели
Высокоминеральные	$0,03 < I_r \leq 0,07$	$0,10 < I_r \leq 0,30$
Среднеминеральные	$0,07 < I_r \leq 0,10$	$0,30 < I_r \leq 0,50$
Низкоминеральные	$I_r > 0,10$	$I_r > 0,50$

Б.2.15 По относительному содержанию органического вещества I_r (см. ГОСТ 23740) и степени заторфованности грунты подразделяют на разновидности в соответствии с таблицей Б.20.

Б.2.16 По степени разложения D_{dp} (см. ГОСТ 10650) торфы подразделяют на разновидности в соответствии с таблицей Б.21.

Таблица Б.21

Разновидность торфа	Степень разложения D_{dp} , %
Слаборазложившийся	$D_{dp} \leq 20$
Среднеразложившийся	$20 < D_{dp} \leq 45$
Сильноразложившийся	$D_{dp} > 45$

Б.2.17 По степени засоленности D_{sal} легкорастворимыми солями грунты подразделяют на разновидности в соответствии с таблицей Б.22, а среднерастворимыми солями (загипсованность) — в соответствии с таблицей Б.23.

К легкорастворимым солям относятся: хлориды NaCl , KCl , CaCl_2 , MgCl_2 ; бикарбонаты: NaHCO_3 , $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$, $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$; карбонат натрия Na_2CO_3 ; сульфаты магния и натрия: MgSO_4 , Na_2SO_4 . К среднерастворимым солям относятся гипс $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ и ангидрит CaSO_4 .

Б.2.18 По степени морозной пучинистости ε_{fh} (см. ГОСТ 28622) дисперсные грунты подразделяют в соответствии с таблицей Б.24*.

Таблица Б.24

Разновидность грунтов	Степень пучинистости ε_{fh} , д. е.
Непучинистый	$\varepsilon_{fh} < 0,01$
Слабопучинистый	$0,01 \leq \varepsilon_{fh} \leq 0,035$
Среднепучинистый	$0,035 < \varepsilon_{fh} \leq 0,07$
Сильнопучинистый	$\varepsilon_{fh} > 0,07$

* Применяют также для класса мерзлых грунтов.

Б.3 Разновидности мерзлых грунтов

Б.3.1 По льдистости скальные, полускальные и дисперсные мерзлые грунты подразделяют на разновидности в соответствии с таблицами Б.26-Б.27.

Таблица Б.25

Разновидность скальных и полускальных мерзлых грунтов	Льдистость за счет видимых ледяных включений i_l , д. е.
Слабольшедистый	$i_l \leq 0,01$
Льдистый	$0,01 < i_l \leq 0,05$
Сильнольдистый	$i_l > 0,05$

Таблица Б.26

Разновидность глинистых мерзлых грунтов	Льдистость за счет видимых ледяных включений i_l , д. е.
Нельдистый	$i_l \leq 0,03$
Слабольшедистый	$0,03 < i_l \leq 0,20$
Льдистый	$0,20 < i_l \leq 0,40$
Сильнольдистый	$0,40 < i_l \leq 0,60$
Очень сильнольдистый	$0,60 < i_l \leq 0,90$

Таблица Б.27

Разновидность песчаных грунтов	Суммарная льдистость, i_{tot} , д. е.
Слабольшедистые	$i_{tot} \leq 0,40$
Льдистые	$0,40 < i_{tot} \leq 0,60$
Сильнольдистые	$i_{tot} > 0,60$

Таблица Б.20

Разновидность грунтов	Относительное содержание органического вещества I_r , д.е.	
	пески	глинистые грунты
Органо-минеральные:		
- с примесью органического вещества (с примесью растительных остатков)	$0,03 \leq I_r \leq 0,10$	$0,05 < I_r \leq 0,10$
- с низким содержанием органического вещества(слабозаторфованные)	$0,10 < I_r \leq 0,25$	
- со средним содержанием органического вещества(среднезаторфованные)	$0,25 < I_r \leq 0,40$	
-с высоким содержанием органического вещества (сильнозаторфованные)	$0,40 < I_r < 0,50$	
Органические (торф)	$I_r \geq 0,50$	

Таблица Б.22

Разновидность грунтов	Степень засоленности грунтов легкорастворимыми солями D_{sal} , %	
	хлоридное, сульфатно-хлоридное засоление	сульфатное, хлоридно-сульфатное засоление
Незасоленный	$D_{sal} < 0,5$	$D_{sal} < 0,5$
Слабозасоленный	$0,5 \leq D_{sal} < 2,0$	$0,5 \leq D_{sal} < 1,0$
Среднезасоленный	$2,0 \leq D_{sal} < 5,0$	$1,0 \leq D_{sal} < 3,0$
Сильнозасоленный	$5,0 \leq D_{sal} \leq 10,0$	$3,0 \leq D_{sal} \leq 8,0$
Очень сильнозасоленный	$D_{sal} > 10,0$	$D_{sal} > 8,0$

Таблица Б.23

Разновидность грунтов	Степень засоленности грунтов среднерастворимыми (гипс, ангидрит) солями - загипсованность, D_{sal} , %		
	Суглинок	Супесь	Песок
Незагипсованный	$D_{sal} \leq 5$	$D_{sal} \leq 5$	$D_{sal} \leq 3$
Слабозагипсованный	$5 < D_{sal} \leq 10$	$5 < D_{sal} \leq 10$	$3 < D_{sal} \leq 7$
Среднезагипсованный	$10 < D_{sal} \leq 20$	$10 < D_{sal} \leq 20$	$7 < D_{sal} \leq 10$
Сильнозагипсованный	$20 < D_{sal} \leq 35$	$20 < D_{sal} \leq 30$	$10 < D_{sal} \leq 15$
Очень сильнозагипсованный	$D_{sal} > 35$	$D_{sal} > 30$	$D_{sal} > 15$

Б.3.2 По степени засоленности D_{sal} , %, мерзлые грунты с морским типом засоления легкорастворимыми солями (хлоридный тип засоления) подразделяют на разновидности в соответствии с таблицей Б.28.

К легкорастворимым солям относятся: хлориды NaCl , KCl , CaCl_2 , MgCl_2 ; бикарбонаты: NaHCO_3 , $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$; $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$; карбонат натрия Na_2CO_3 ; сульфаты магния и натрия: MgSO_4 , Na_2SO_4 .

Таблица Б.28

Разновидность грунтов	Степень засоленности легкорастворимыми солями D_{sal} , %		
	Пески	Супеси	Суглинки и глины
Незасоленные	$D_{sal} < 0,05$	$D_{sal} < 0,15$	$D_{sal} < 0,20$
Слабозасоленные	$0,05 \leq D_{sal} < 0,15$	$0,15 \leq D_{sal} < 0,35$	$0,20 \leq D_{sal} < 0,40$
Среднезасоленные	$0,15 \leq D_{sal} < 0,30$	$0,35 \leq D_{sal} < 0,60$	$0,40 \leq D_{sal} < 0,80$
Сильнозасоленные	$D_{sal} \geq 0,30$	$D_{sal} \geq 0,60$	$D_{sal} \geq 0,80$

Примечание — Мерзлые грунты с континентальным типом засоления (сульфатный тип засоления) относят к засоленным при степени засоленности D_{sal} , %:
 - для песков $\geq 0,10\%$; - для супесей $\geq 0,15\%$; - для суглинков $\geq 0,20\%$; - для глин $\geq 0,25\%$.

Приложение В
(рекомендуемое)
Разновидности грунтов

В. 1 Разновидности скальных грунтов

В.1.1 Основные петрографические разности магматических грунтов (см. таблицу 1) приведены в таблице В.1.

Таблица В.1

Группа (генезис)	Группы по содержанию SiO ₂			
	Кислые	Средние	Основные	Ультраосновные
Интрузивные	Гранит, гранодиорит, граносиенит и др.	Сиенит, монзонит, диорит и др.	Габбро, лабрадорит, пироксенит, фойдолиты основные и др.	Оливинит, перидотит, дунит, фойдолиты ультраосновные и др.
Эффузивные	Риолит, дацит, обсидиан, пемза, вулканический туф и др.	Трахит, андезит и др.	Базальт, долерит, бонинит и др.	Пикрит и др.

В.1.2 Основные петрографические разности метаморфических грунтов (см. таблицу 1) приведены в таблице В.2.

Таблица В.2

Типы метаморфизма	Региональный метаморфизм	Метасоматоз и гидротермальный метаморфизм
Низкотемпературный	Сланцы голубые и зеленые (серицитовые, хлоритовые, глаукофановые, эпидотовые, жедритовые, альмандиновые), такие же роговики, цеолиты и др.	Гумбеит, эйсит, аргиллизит, березит, кварциты, пропицит, хлоритолит и др.
Среднетемпературный	Амфиболиты, кварцито-гнейсы, гнейсы биотитовые, гиперстеновые, роговообманковые, и др.	Метасоматические: граниты, плагиограниты, амфиболиты, сланцы. Метасоматиты, альбититы, грейзены, кварциты, скарноиды, слюдиты и др.
Высокотемпературный	Эклогиты, кристаллосланцы, стишовиты, перидотиты, сандиниты и др.	Метасоматические: чарнокиты, гранулиты, эндербиты, кианиты, кварциты, мигматит-гранатовые мигматиты, альбититы. Известковый и магнезиальный скарны и др.

В.1.3 По минеральному составу скальные известково-доломитовые грунты подразделяют на разновидности в соответствии с таблицей В.3.

Таблица В.3

Разновидность грунтов	Содержание, %	
	CaCO ₃	CaMg(CO ₃) ₂
Известняк	95 – 100	0 – 5
Известняк доломитистый	75 – 95	5 – 25
Известняк доломитовый	50 – 75	25 – 50
Доломит известковый	25 – 50	50 – 75
Доломит известковистый	5 – 25	75 – 90
Доломит	0 – 5	95-100

В.1.4 По минеральному составу скальные карбонатно-терригенные грунты подразделяют на разновидности в соответствии с таблицей В.4.

В.1.5 По степени растворимости в воде q_{sr} скальные грунты подразделяют согласно таблице В.5.

Таблица В.5

Разновидность грунтов	Степень растворимости q_{sr} , г/л
Нерастворимый	$q_{sr} \leq 0,01$
Труднорастворимый	$0,01 < q_{sr} \leq 1$
Среднерастворимый	$1 < q_{sr} \leq 10$
Легкорастворимый	$10 < q_{sr} \leq 100$
Сильно растворимый	$q_{sr} > 100$

В.1.6 По водопроницаемости скальные грунты подразделяются согласно таблице В.6.

Таблица В.6

Разновидность грунтов	Коэффициент фильтрации k , м/сут
Водонепроницаемый	$K_{\phi} \leq 0,005$
Слабоводопроницаемый	$0,005 < K_{\phi} \leq 0,3$
Водопроницаемый	$0,3 < K_{\phi} \leq 3$
Сильноводопроницаемый	$3 < K_{\phi} \leq 30$
Очень сильноводопроницаемый	$K_{\phi} > 30$
* Применяется также и для класса дисперсных грунтов.	

Таблица В.4

Разновидность грунтов	Содержание карбонатов, %	Терригенная составляющая, %
Известняк (доломит)	95-100	0-5
Известняк (доломит) глинистый (алевролитистый, с гравием, с галькой)	75-95	5-25
Известняк (доломит, мергель) алевролитовый (аргиллитовый, гравийный, галечный)	50-75	25-50
Мергель глинистый известковый (доломитовый), алевролит (песчаник, гравелит, конгломерат) известковый (доломитовый)	25-50	50-75
Аргиллит (алевролит, песчаник, гравелит, конгломерат) известковистый (доломитистый)	5-25	75-95
Алевролит (аргиллит, песчаник, гравелит, конгломерат)	0-5	95-100

Примечание 1 - Известковый ряд выделяется по преобладанию в карбонатной части CaCO₃, доломитовый – по преобладанию CaMg(CO₃)₂ в карбонатной части грунта.
 Примечание 2 – Галечный/гравийный/алевролитовый/аргиллитовый (глинистый) ряды выделяются по преобладающей размерности некарбонатного материала (грунта без карбонатной части).

В.2 Разновидности дисперсных грунтов

В.2.1 По деформируемости (см. ГОСТ 20276) дисперсные грунты подразделяют на разновидности в соответствии с таблицей В.7.

Таблица В.7

Разновидность грунтов	Модуль деформации E , МПа
Очень сильно деформируемые	$E \leq 5$
Сильнодеформируемые	$5 < E \leq 10$
Среднедеформируемые	$10 < E \leq 50$
Слабдеформируемые	$E > 50$

В.2.2 По степени плотности I_D пески искусственного сложения подразделяют согласно таблице В.8.

Таблица В.8

Разновидность песков	Степень плотности I_D , д. е.
Недоуплотненный	$I_D \leq 0$
Слабоуплотненный	$0 < I_D \leq 0,33$
Среднеуплотненный	$0,33 < I_D \leq 0,66$
Сильноуплотненный	$0,66 < I_D \leq 1,00$
Переуплотненный	$I_D > 1$

В.2.3 По сопротивлению недренированному сдвигу c_u (см. ГОСТ 12248) глинистые грунты подразделяют на разновидности в соответствии с таблицей В.9.

Таблица В.9

Разновидность глинистых грунтов	Сопротивление недренированному сдвигу c_u , кПа
Чрезвычайно низкой прочности	$c_u \leq 10$
Очень низкой прочности	$10 < c_u \leq 20$
Низкой прочности	$20 < c_u \leq 40$
Средней прочности	$40 < c_u \leq 75$
Высокой прочности	$75 < c_u \leq 150$
Очень высокой прочности	$150 < c_u \leq 300$
Очень сильно высокой прочности	$c_u > 300$

В.2.4 По чувствительности, характеризующей показателем чувствительности S_r , глинистые грунты подразделяют на разновидности в соответствии с таблицей В.10.

Таблица В.10

Разновидность глинистых грунтов	Показатель чувствительности S_r , ед.
Нечувствительные	$S_r \sim 1$
Низко чувствительные	$1 < S_r \leq 2$
Средне чувствительные	$2 < S_r \leq 4$
Очень чувствительные	$4 < S_r \leq 8$
Очень сильно чувствительные (текучие глины)	$S_r > 8$

В.2.5 По липкости L (см. ГОСТ 34259) глинистые грунты подразделяют на разновидности в соответствии с таблицей В.11.

Таблица В.11

Разновидность глинистых грунтов	Липкость L , кПа
Неприлипающие	$L \leq 5$
Слабоприлипающие	$5 < L \leq 10$
Среднеприлипающие	$10 < L \leq 25$
Сильноприлипающие	$L > 25$

В.2.6 По потенциалу разжижения F_L при сейсмических воздействиях водонасыщенные песчаные грунты подразделяют на:

- разжижаемые $F_L \leq 1,15$;
- неразжижаемые $F_L > 1,15$.

В.3 Разновидности мерзлых грунтов

В.3.1 По температуре T грунты подразделяют на разновидности в соответствии с таблицей В.12.

Таблица В.12

Разновидность грунтов	Температура грунтов T , °С
Немерзлый (талый)	$T \geq 0$
Охлажденный	$0 > T \geq T_{bf}$
Мерзлый	$T < T_{bf}$
Морозный	$T < 0$
Сыпучемерзлый*	$T < 0$

* Для грунтов с суммарной влажностью $w_{tot} \leq 3\%$.

В.3.2 По состоянию незасоленные мерзлые грунты подразделяют на разновидности в соответствии с таблицей В.13

Таблица В.13

Грунты	Разновидность грунта		
	Твердомерзлый ($m_f \leq 0,01 \text{ МПа}^{-1}$) при $T < T_h$, °С	Пластично-мерзлый ($m_f > 0,01 \text{ МПа}^{-1}$) при T , °С	Сыпуче-мерзлый при $T < 0$ °С
Скальные и полускальные	$T_h = 0$	-	-
Крупнообломочные	$T_h = 0$	$T_h < T < T_{bf}$ при $S_r < 0,8$	При $S_r \leq 0,15$
Пески гравелистые, крупные и средней крупности	$T_h = \text{минус } 0,1$		
Пески мелкие и пылеватые	$T_h = \text{минус } 0,3$		
Глинистые грунты:			
- супесь	$T_h = \text{минус } 0,6$	$T_h < T < T_{bf}$	При $S_r \leq 0,15$
- суглинок	$T_h = \text{минус } 1,0$		
- глина	$T_h = \text{минус } 1,5$		
Пр и м е ч а н и е – T_h - температурная граница твердомерзлого состояния грунта; T - температура грунта.			

В.3.3 По типам криогенных текстур мерзлые грунты подразделяют в соответствии с таблицей В.14.

Таблица В.14

Грунты	Тип криогенной текстуры
Скальные и полускальные	Трещинная, пластовая, полостная, жильная, массивная
Крупнообломочные	Массивная, порфировидная, корковая, базальная
Песчаные	Массивная, слоистая, порфировидная, сетчатая, базальная
Глинистые	Массивная, сетчатая, слоистая, атакситовая, порфировидная, линзовидная
Заторфованные	Порфировидная, слоистая, сетчатая, атакситовая, линзовидная

**Приложение Г
(рекомендуемое)**

Классификация массивов скальных грунтов

Г.1 Массивы скальных грунтов подразделяют в соответствии с критериями сплошности, экзогенного изменения и относительной скорости упругих волн в массиве в соответствии с Г.1.1 – Г.1.3.

Г.1.1 По степени сплошности массивы скальных грунтов подразделяют в соответствии с таблицей Г.1.

Таблица Г.1

Наименование массива по степени сплошности	Коэффициент трещинной пустотности КТП, %	Отношение l/a , ед.	Характеристика массива
Монолитный	$КТП < 0,1$	$< 1,0$	Массив не расчленен трещинами на отдельные блоки. Имеются немногочисленные трещины, которые редко пересекаются
Трещиноватый:			Массив не полностью расчленен трещинами на отдельные блоки. Между блоками имеются целики скального грунта
слаботрещиноватый	$0,1 \leq КТП \leq 0,5$	1,0 – 1,5	
среднетрещиноватый	$0,5 < КТП \leq 2$	1,5 – 2,5	
сильнотрещиноватый	$2 < КТП \leq 5$	2,5 – 4,0	
Разборный	$КТП > 5$	$> 4,0$	Массив полностью расчленен трещинами на отдельные блоки. Трещины различных направлений многократно пересекаются

Г.1.2 По степени экзогенного изменения от разгрузки и выветривания массивы скальных грунтов подразделяют на зоны А, Б, В и Г в соответствии с таблицей Г.2.

Таблица Г.2

Наименование зоны массива скального грунта	Характеристика зоны массива
А – зона сильного изменения	Блоки отдельности массива сложены преимущественно сильновыветрелыми и средневыветрелыми скальными грунтами
Б – зона средней степени изменения	Блоки отдельности массива сложены преимущественно слабовыветрелыми и невыветрелыми скальными грунтами, в стенках трещин имеются средневыветрелые скальные грунты
В – зона слабого изменения	Блоки отдельности массива сложены невыветрелыми скальными грунтами, вдоль некоторых трещин имеются слабовыветрелые скальные грунты
Г – сохранный массив	Невыветрелые скальные грунты в блоках отдельности и стенках трещин
Примечание - Скальные грунты по степени выветрелости подразделяют по таблице Б.4 (см. приложение Б).	

Г.1.3. По относительной скорости распространения упругих продольных волн массивы скальных грунтов подразделяют на разновидности согласно таблице Г.3.

Таблица Г.3

Наименование скального массива	Относительная скорость упругих продольных волн, $v_{p.M}/v_{p.B}$, д.е.
Монолитный	Более 0,6
Слаботрещиноватый	От 0,6 до 0,3
Среднетрещиноватый	От 0,3 до 0,1
Сильнотрещиноватый	От 0,1 до 0,03
Разборный	Менее 0,03

Примечание – $v_{p.M}$ – скорость упругих продольных волн в массиве скального грунта; $v_{p.B}$ – скорость продольных волн в блоке отдельности.

Г.2 По показателю качества грунта RQD скальные грунты подразделяют в соответствии с таблицей Г.4.

Таблица Г.4

Качество скального грунта	Показатель качества RQD, %
Очень хорошее	$RQD > 90$
Хорошее	$90 \geq RQD \geq 75$
Среднее	$75 > RQD \geq 50$
Плохое	$50 > RQD \geq 25$
Очень плохое	$RQD < 25$

Г.3 Блоки отдельности подразделяют на разновидности по размеру и форме в соответствии с Г.3.1 и Г.3.2.

Г.3.1 По размеру блоки отдельности подразделяют на разновидности в соответствии с таблицей Г.5.

Таблица Г.5

Разновидность отдельностей	Средний размер блока отдельности, см
Крупноглыбовая	Св. 80
Мелкоглыбовая	От 80 до 20 включ.
Щебневая	Менее 20

Г.3.2 По форме блоков отдельности в массивах скальных грунтов выделяют следующие разновидности отдельностей:

- параллелепипедальная («сундучная»);

- остроугольная;
- плитчатая;
- столбчатая;
- шаровая.

Г.4 Трещины в массиве скальных грунтов, подразделяют на разновидности по пространственной ориентации, ширине раскрытия, длине, виду заполнителя и шероховатости стенок в соответствии с Г.4.1 – Г.4.5.

Г.4.1 По пространственной ориентации трещины в зависимости от угла падения подразделяют на разновидности в соответствии с таблицей Г.6. При этом необходимо указывать азимут падения плоскости трещины (слоя, разрыва) – азимут перпендикуляра к следу от пересечения плоскости трещины с горизонтальной плоскостью.

Таблица Г.6

Разновидность трещин	Угол падения β°
Субвертикальные	$\beta \geq 80^\circ$
Крутые	$80^\circ > \beta \geq 60^\circ$
Наклонные	$60^\circ > \beta \geq 30^\circ$
Пологие	$30^\circ > \beta \geq 10^\circ$
Субгоризонтальные	$\beta < 10^\circ$

Г.4.2 По расстоянию b между скальными стенками трещины выделяют разновидности трещин в соответствии с таблицей Г.7.

Таблица Г.7

Разновидность трещин	Расстояние между скальными стенками трещины b , см
Очень широкие	$b \geq 10$
Широкие	$10 > b \geq 1$
Средней ширины	$1 > b \geq 0,1$
Узкие	$0,1 > b \geq 0,01$
Трещины-капилляры	$b < 0,01$

Г.4.3 По длине L трещины скального массива подразделяют на разновидности в соответствии с таблицей Г.8.

Таблица Г.8

Разновидность трещин	Длина трещины L , м
Разрывы	$L \geq 100$
Длинные	$100 > L \geq 10$
Средней длины	$10 > L \geq 1$
Короткие	$1 > L \geq 0,1$
Микротрещины	$L < 0,1$

Г.4.4 По виду заполнителя трещины подразделяют на разновидности соответствии с таблицей Г.9.

Таблица Г.9

Разновидность трещин	Вид заполнителя трещины
Открытые	Наполнены газом или жидкостью
Заполненные	Полностью или частично заполнены дисперсным грунтом
Залеченные	Наполнены природным цементом или искусственным цементным камнем

Г.4.5 По макрошероховатости стенок трещины подразделяются на разновидности соответствии с таблицей Г.10.

Таблица Г.10

Разновидность трещин	Макрошероховатость стенок	Механический тип трещины
Ровные	Выступы наклоном менее 5°	Зеркала скольжения и притертые трещины скола
Волнистые	Выступы с наклоном от 5° до 30°	Трещины скола и отрыва, частично притертые
Волнисто-ступенчатые	Выступы с наклоном более 30°	Трещины отрыва и скола не измененные смещением

Примечание - Кроме макрошероховатости, имеющей сантиметровую (до нескольких сантиметров) амплитуду выступов, на стенке трещины может быть микрошероховатость, которая осложняет поверхность макро выступов, создавая на ней волны высотой до 1,0 мм. Длинные трещины кроме названных микро- и макрошероховатостей могут иметь на стенках неровности третьего порядка с высотой выступов до нескольких дециметров.

Г.5 По взаимной ориентации в массивах скальных грунтов выделяют следующие разновидности сетей трещин в соответствии с таблицей Г.11.

Г.6 По сжимаемости массивы скальных грунтов подразделяют на разновидности в соответствии с таблицей Г.12.

Таблица Г.11

Разновидность сетей трещин	Взаимная ориентация трещин	Анизотропия массива
Системная	Трещины группируются в системы	Массив анизотропный
Полигональная	Одна система трещин вдоль слоя осадочной породы (поверхности магматического тела) и перпендикулярные к ней трещины разных азимутов.	Массив трансверсально изотропный
Разновидность сетей трещин	Взаимная ориентация трещин	Анизотропия массива
Хаотическая	Трещины в массиве ориентированы по любым направлениям	Массив изотропный
Шаровая	Независимые радиально-концентрические сети в округлых геологических телах, слагающих массив	

Примечание - Системой трещин называется множество примерно параллельных трещин в массиве скальных грунтов.

Таблица Г.12

Разновидность массива по сжимаемости	Модуль деформации массива E , МПа
Практически несжимаемые	Св. 20000
Слабо сжимаемые	От 20000 до 10000 включ.
Средне сжимаемые	Св. 10000 до 5000 включ.
Сильно сжимаемые	Св. 5000 до 2000 включ.
Очень сильно сжимаемые	Менее 2000

Приложение Д (справочное)

Основные термины, используемые в международных стандартах

В настоящем приложении приведены термины, используемые в международных стандартах (см. [1] - [4]).

Д.1 Verycoarse soils (крупнообломочные грунты) - грунты, основная фракция которых имеет размер крупнее 63 мм.

Д.2 Coarse-grained soils (крупнозернистые и песчаные грунты) - грунты, менее 50 % частиц которых проходит через сито 0,063 мм по [1] или 0,075 мм по [2].

Д.3 Fine-grained soils (тонкодисперсные грунты) - грунты, более 50 % частиц которых проходит через сито 0,063 мм по [1] или 0,075 мм по [2].

Д.4 Liquid limit (граница текучести); определяют по [3] методом падающего конуса и обозначают w_L , по [4] - методом Казагранде и обозначают LL .

Д.5 Liquid limit oven dried (граница текучести после высушивания), LL_o ; определяют методом Казагранде после высушивания грунта в печи при температуре $T = 105$ °С.

Д.6 Liquid limit non dried (граница текучести до высушивания), LL_N ; определяют методом Казагранде в грунте естественной влажности.

Д.7 Plastic limit (граница раскатывания); определяют, как и в ГОСТ 5180 методом раскатывания и обозначают w_p по [3] и PL по [4].

Д.8 Plasticity index (число пластичности); определяют и обозначают по [3] так же, как в настоящем стандарте (см. А.30 приложения А), а по [4] - по формуле Д.1 и обозначают PI .

$$PI = LL - PL, \quad (Д.1)$$

где LL и PL - по Д.4 и Д.7.

Д.9 Liquidity index (показатель текучести), I_L ; определяют по [1] так же, как в настоящем стандарте (см. А.17 приложения А).

Д.10 Consistency index (показатель консистенции) I_c ; определяют по [1] по формуле

$$I_c = \frac{w_L - w}{I_p} \quad (Д.2)$$

Д.11 Plasticity chart (карта пластичности грунтов) - график в координатах $PI - LL$, применяемый для классификации тонкодисперсных грунтов и тонкой фракции в крупнообломочных, крупнозернистых и песчаных грунтах (см. рисунок Е.3).

Д.12 Uniformity coefficient (степень фракционированности), C_u - определяют так же, как в настоящем стандарте (см. А.24 приложения А).

С увеличением однородности состава грунта значение C_u уменьшается.

Д.13 Coefficient of curvature (коэффициент кривизны), C_c - показатель, характеризующий форму кривой гранулометрического состава (см. рисунок Е.2) и определяемый по формуле

$$C_c = \frac{d_{30}^2}{d_{10}d_{60}} \quad (Д.3)$$

где d_{60} , d_{30} , d_{10} - диаметры частиц, меньше которых в грунте содержится 60 %, 30 % и 10% (по массе) частиц соответственно.

Д.14 Well graded soil (хорошо фракционированный грунт), W - неоднородный грунт; определяют по степени отсортированности C_u и коэффициенту кривизны C_c .

Д.15 Poorly graded soil (плохо фракционированный грунт), P - однородный грунт; определяют по степени фракционированности C_u и коэффициенту кривизны C_c .

Д.16 Flowchart (карта классификации грунтов) - блок-схема, применяемая для определения наименования грунта по пластичности.

**Приложение Е
(справочное)**

Соответствие наименований дисперсных грунтов, используемых в настоящем стандарте, и в международных стандартах [1] и [2]

Е.1 Общие положения

Е.1.1 Наименования крупнообломочных, крупнозернистых и песчаных грунтов (см. Д.1 и Д.2 приложения Д) в [1] и [2] определяют на основании их гранулометрического состава, степени фракционированности коэффициента кривизны, определяемых по кумулятивной кривой гранулометрического состава (см. Е.2).

Е.1.2 Соответствие различных фракций грунтов в настоящем стандарте и в [1] и [2] показано на рисунке Е.1.

Е.1.3 Наименования тонкодисперсных грунтов (см. Д.3 приложения Д) в [1] и [2] определяют на основании показателей пластичности и содержания органического вещества (см. Е.3), а так же гранулометрического состава крупной фракции (крупнее 0,063 мм и 0,075 мм соответственно).

Е.1.4 Для установления соответствия наименований глинистых грунтов по настоящему стандарту и тонкодисперсных грунтов по [1] и

[2] проводят пересчет результатов определения границы текучести, полученных по ГОСТ 5180 и по [3] и [4], с использованием корреляционных уравнений (см. Е.3).

Е.1.5 Соответствие наименований органо-минеральных тонкозернистых грунтов устанавливают по результатам определения содержания органического вещества (по сжиганию) или границы текучести по методу Казагранде (после высушивания при температуре T=105°C).

Е.1.6 Определение частных характеристик свойств грунтов и их разновидностей проводят по результатам их определения по классификациям соответствующих стандартов.

Е.2 Классификация крупнообломочных, крупнозернистых и песчаных грунтов

Е.2.1 Для классификации крупнообломочных, крупнозернистых и песчаных грунтов определяют содержание фракций по граничным размерам частиц: по [1] – 630; 200; 63; 20; 6,3; 0,63; 0,2 и 0,063 мм; по [2] – 300; 76,2; 19,0; 4,75; 0,425 и 0,075 мм; по настоящему стандарту – 800; 400; 200; 100; 60; 40; 20; 10; 5; 0,5; 0,25; 0,1 и 0,05 мм.

Для расчета степени фракционированности и коэффициента кривизны определяют параметры d₆₀, d₃₀ и d₁₀.

Размер частиц, мм	800	630	400	300	200	100	76,2	63	60	40	20	19	10	6,3	4,75	4	2
По ГОСТ 25100	Валуны, глыбы			Галька, щебень				Гравий, дресва									
	крупные	средние	мелкие	крупные	средние	мелкие	крупные	мелкие									
По [1]	Largeboulders		Boulders	Cobbles		Coarsegravel	Mediumgravel	Finegravel									
По [2]	Boulders		Cobbles	Gravel			Sand										
				coarse		fine	coarse										
Окончание блок - схемы																	
Размер фракций, мм	0,63	0,5	0,425	0,25	0,2	0,1	0,075	0,063	0,05	0,02	0,0063	0,005	0,002	<0,002			
По ГОСТ 25100	Песок						Пыль				Глина						
	крупный	средней крупности		мелкий	пылеватый												
По [1]	Sand				Silt			Clay									
	coarse	medium		fine	coarse	medium	fine										
По [2]	Sand				Silt			Clay									
	medium		fine														

Рисунок Е.1 – Блок-схема: сопоставление размеров гранулометрических фракций, определяемых по настоящему стандарту и по [1] и [2]

Т а б л и ц а Е.1

**Соответствие наименований крупнообломочных и крупнозернистых грунтов,
определенных по настоящему стандарту и по [1]**

По ГОСТ 25100	По [1]	
Наименование грунта	Наименование грунта	Индекс
Валунный (глыбовый) грунт	Boulders, sandy boulders, silty boulders, clayey boulders	Bo, saBo, siBo, clBo
Валунный (глыбовый) грунт с песчаным заполнителем	Sandy boulders, silty sandy boulders, clayey sandy boulders	saBo, sisaBo, clsa-Bo
Валунный (глыбовый) грунт с глинистым (суглинистым, супесчаным) заполнителем	Silty boulders, clayey boulders, sandy silty boulders, sandy clayey boulders	siBo, clBo, sasiBo, saclBo
Галечниковый (щебенистый) грунт	Cobbles, sandy cobbles, silty cobbles, clayey cobbles; Coarse (medium) gravel, sandy coarse (medium) gravel, silty coarse (medium) gravel, clayey coarse (medium) gravel	Co, saCo, siCo, clCo; CGr (MGr), saCGr (MGr), siCGr (MGr), clCGr (MGr)
Галечниковый (щебенистый) грунт с песчаным заполнителем	Sandy cobbles, silty sandy cobbles, clayey sandy cobbles; Sandy coarse (medium) gravel, silty sandy coarse (medium) gravel, clayey sandy coarse (medium) gravel	saCo, sisaCo, clsa-Co; saCGr (MGr), sisaCGr (MGr), clsaCGr (MGr)
Галечниковый (щебенистый) грунт с глинистым (суглинистым, супесчаным) заполнителем	Silty cobbles, clayey cobbles, sandy silty cobbles, sandy clayey cobbles; silty coarse (medium) gravel, clayey coarse (medium) gravel, sandy silty coarse (medium) gravel, sandy clayey coarse (medium) gravel	siCo, clCo, sasiCo, saclCo; siCGr (MGr), clCGr (MGr), sasiCGr (MGr), saclCGr (MGr)
Гравийный (дресвяный) грунт	Medium (fine) gravel, sandy medium (fine) gravel, silty medium (fine) gravel, clayey medium (fine) gravel	MGr (FGr), saMGr (FGr), siMGr (FGr), clMGr (FGr)
Гравийный (дресвяный) грунт с песчаным заполнителем	Sandy medium (fine) gravel, silty sandy medium (fine) gravel, clayey sandy medium (fine) gravel	saMGr (FGr), sisaMGr (FGr), clsaMGr (FGr)
Гравийный (дресвяный) грунт с глинистым (суглинистым, супесчаным) заполнителем	Silty medium (fine) gravel, clayey medium (fine) gravel, sandy silty medium (fine) gravel, sandy clayey medium (fine) gravel	siMGr (FGr), clMGr (FGr), sasiMGr (FGr), saclMGr (FGr)

Т а б л и ц а Е.2

Соответствие наименований крупнообломочных и крупнозернистых грунтов, определенных по настоящему стандарту и по [2]

По ГОСТ 25100	По [2]*	
Наименование грунта	Наименование грунта	Индекс
Валунный (глыбовый) грунт	Boulders (cobbles); boulders (cobbles) with sand	G
	Boulders (cobbles) with silt; boulders (cobbles) with silt and sand	G – GM
	Boulders (cobbles) with clay; boulders (cob-bles) with clay and sand	G – GC
	Silty boulders (cobbles); silty boulders (cob-bles) with sand	GM
	Clayey boulders (cobbles); clayey boulders (cobbles) with sand	GC
Валунный (глыбовый) грунт с песчаным заполнителем	Boulders (cobbles) with silt; boulders (cobbles) with silt and sand	G – GM
	Boulders (cobbles) with clay; boulders (cob-bles) with clay and sand	G – GC
	Silty boulders (cobbles); silty boulders (cob-bles) with sand	GM
	Clayey boulders (cobbles); clayey boulders (cobbles) with sand	GC
Валунный (глыбовый) грунт с глинистым (суглинистым, су- песчаным) заполнителем	Silty boulders (cobbles); silty boulders (cob-bles) with sand	GM
	Clayey boulders (cobbles); clayey boulders (cobbles) with sand	GC
Галечниковый (щебенистый) грунт	Cobbles (coarse, fine gravel); cobbles (coarse, fine gravel) with sand	G
	Cobbles (coarse, fine gravel) with silt; cobbles (coarse, fine gravel) with silt and sand	G – GM
	Cobbles (coarse, fine gravel) with clay; cob-bles (coarse, fine gravel) with clay and sand	G – GC
	Silty cobbles (coarse, fine gravel); silty cob-bles (coarse, fine gravel) with sand	GM
	Clayey cobbles (coarse, fine gravel); clayey cobbles (coarse, fine gravel) with sand	GC
Галечниковый (щебенистый) грунт с песчаным заполните- лем	Cobbles (coarse, fine gravel) with silt; cobbles (coarse, fine gravel) with silt and sand	G – GM
	Cobbles (coarse, fine gravel) with clay; cob-bles (coarse, fine gravel) with clay and sand	G – GC
	Silty cobbles (coarse, fine gravel); silty cob-bles (coarse, fine gravel) with sand	GM
	Clayey cobbles (coarse, fine gravel); clayey cobbles (coarse, fine gravel) with sand	GC

Окончание таблицы Е.2

По ГОСТ 25100	По [2]	
Наименование грунта	Наименование грунта	Индекс
Галечниковый (щебенистый) грунт с глинистым (суглинистым, супесчаным) заполнителем	Silty cobbles (coarse, fine gravel); silty cobbles (coarse, fine gravel) with sand	GM
	Clayey cobbles (coarse, fine gravel); clayey cobbles (coarse, fine gravel) with sand	GC
Гравийный (дресвяный) грунт	Fine gravel (coarse sand); fine gravel (coarse sand) with sand	G
	Fine gravel (coarse sand) with silt; fine gravel (coarse sand) with silt and sand	G – GM
	Fine gravel (coarse sand) with clay; fine gravel (coarse sand) with clay and sand	G – GC
	Silty fine gravel (coarse sand); silty fine gravel (coarse sand) with sand	GM
	Clayey fine gravel (coarse sand); clayey fine gravel (coarse sand) with sand	GC
Гравийный (дресвяный) грунт с песчаным заполнителем	Fine gravel (coarse sand) with silt; fine gravel (coarse sand) with silt and sand	G – GM
	Fine gravel (coarse sand) with clay; fine gravel (coarse sand) with clay and sand	G – GC
	Silty fine gravel (coarse sand); silty fine gravel (coarse sand) with sand	GM
	Clayey fine gravel (coarse sand); clayey fine gravel (coarse sand) with sand	GC
Гравийный (дресвяный) грунт с глинистым (суглинистым, супесчаным) заполнителем	Silty fine gravel (coarse sand); silty fine gravel (coarse sand) with sand	GM
	Clayey fine gravel (coarse sand); clayey fine gravel (coarse sand) with sand	GC

* В зависимости от значений показателей C_u и C_{ck} наименованию (индексу) грунта добавляется wellgraded (хорошо фракционированный) или poorlygraded (плохо фракционированный).

Т а б л и ц а Е.3

**Соответствие наименований песчаных грунтов,
определенных по настоящему стандарту и по [1]**

По ГОСТ 25100	По [1]	
Наименование грунта	Наименование грунта	Индекс
Гравелистый песок	Gravel; bouldery, cobble, sandy, silty, clayey gravel	Gr, boGr, coCg, saGr, siGr, clGr
Крупный песок	Coarse (medium) sand; bouldery, cobble, gravely, silty, clayey coarse (medium) sand	CSa(MSa), boCSa(MSa), coCSa(MSa), grCSa(MSa), siCSa(MSa), clCSa(MSa)
Песок средней крупности	Medium sand; bouldery, cobble, gravely, silty, clayey medium sand	MSa, boMSa, coMSa, grMSa, siM-Sa, clMSa
Мелкий песок	Medium (fine) sand; bouldery, cobble, gravely, silty, clayey medium (fine) sand	MSa(FSa), boMSa(FSa), coMSa(FSa), grMSa(FSa), siMSa(FSa), clMSa(FSa)
Пылеватый песок	Fine sand; bouldery, cobble, gravely, silty, clayey fine sand; coarse silt	FSa, boFSa, coFSa, grFSa, siFSa, clFSa, CSi

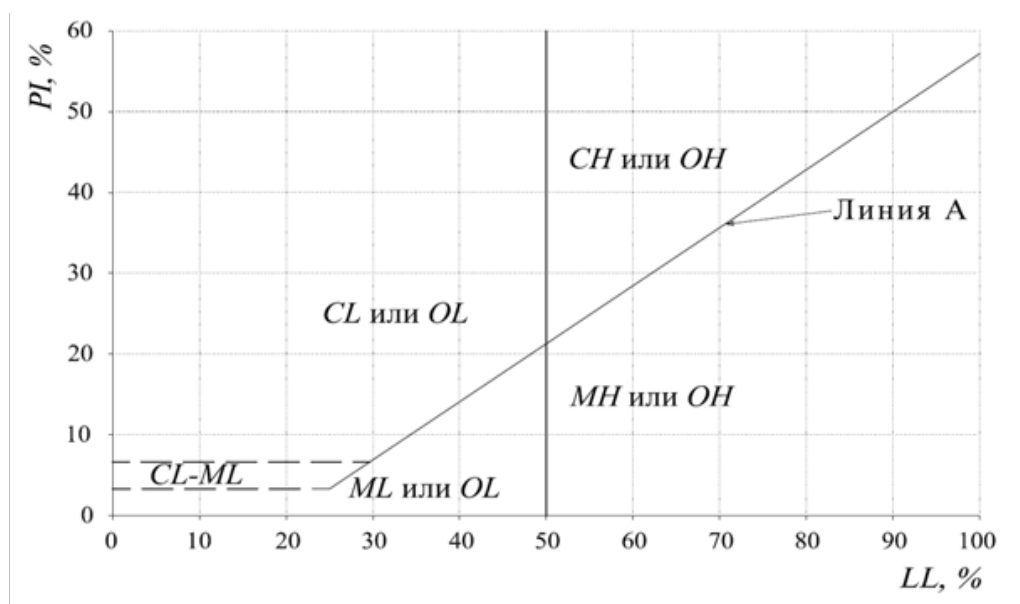
Т а б л и ц а Е.4

**Соответствие наименований песчаных грунтов,
определенных по настоящему стандарту и по [2]**

По ГОСТ 25100	По [2]*	
Наименование грунта	Наименование грунта	Индекс
Гравелистый песок	Gravel, gravel with sand	G
	Gravel with silt, gravel with silt and sand	G – GM
	Gravel with clay, gravel with clay and sand	G – GC
	Silty gravel, silty gravel with sand	GM
	Clayey gravel, clayey gravel with sand	GC
	Sand, sand with gravel	S
	Sand with silt, sand with silt and gravel	S – SM
	Sand with clay, sand with clay and gravel	S – SC
	Silty sand, silty sand with gravel	MS
	Clayey sand, clayey sand with gravel	CS
Крупный песок	Medium sand, medium sand with gravel	S
	Medium sand with silt, medium sand with silt and gravel	S – SM
	Medium sand with clay, medium sand with clay and gravel	S – SC
	Silty medium sand, silty medium sand with gravel	MS
	Clayey medium sand, clayey medium sand with gravel	CS

По ГОСТ 25100	По [2]*	
Наименование грунта	Наименование грунта	Индекс
Песок средней крупности	Medium (fine) sand, medium (fine) sand with gravel	S
	Medium (fine) sand with silt, medium (fine) sand with silt and gravel	S – SM
	Medium (fine) sand with clay, medium (fine) sand with clay and gravel	S – SC
	Silty medium (fine) sand, silty medium (fine) sand with gravel	MS
	Clayey medium (fine) sand, clayey medium (fine) sand with gravel	CS
Мелкий песок	Fine sand, fine sand with gravel	S
	Fine sand with silt, fine sand with silt and gravel	S – SM
	Fine sand with clay, fine sand with clay and gravel	S – SC
	Silty fine sand, silty fine sand with gravel	MS
	Clayey fine sand, clayey fine sand with gravel	CS
Пылеватый песок	Fine sand, fine sand with gravel	S
	Fine sand with silt, fine sand with silt and gravel	S – SM
	Fine sand with clay, fine sand with clay and gravel	S – SC
	Silty fine sand, silty fine sand with gravel	MS
	Clayey fine sand, clayey fine sand with gravel	CS
	Silt	ML

* В зависимости от значений показателей C_u и C_c к наименованию (индексу) грунта добавляется wellgraded (хорошо фракционированный) или poorlygraded (плохо фракционированный).



Примечание - CH, CL, ML, MH, CL - ML, OH, OL (см. таблицы Е.5 и Е.6)

Уравнение линии А: $PI = 0,73 (LL - 20)$

Рисунок Е.3 - График пластичности грунтов (plasticity chart)

ники более 50 % грунт относят к торфам (Pt).

Е.3.6 При отсутствии данных о содержании органического вещества, определенных сжиганием, грунты в [2] подразделяют в зависимости от соотношения LL_0/LL_N (см. Д.5 и Д.6 приложения Д). Если соотношение $LL_0/LL_N \leq 0,75$, грунт относят к органическим (organic soil), если более 0,75 – к неорганическим (inorganic soil).

Е.3.7 Классификацию крупнозернистых и песчаных фракций, содержащихся в тонкодисперсных грунтах, проводят в соответствии с требованиями Е.2.

Е.3.8 Классификацию тонкодисперсных минеральных грунтов с учетом содержания в

них крупнозернистых и песчаных фракций по [2] проводят на основании классификационных блок-схем (flowchart), приведенных в [2].

Е.3.9 Соответствие наименований глинистых грунтов (см. настоящий стандарт) и тонкодисперсных минеральных, органо-минеральных и органических грунтов, определенных по [1] и [2], показано в таблицах Е.5 и Е.6.

Е.3.10 Соответствие наименований разновидностей минеральных и органо-минеральных грунтов по показателю текучести IL в настоящем стандарте и по показателю консистенции $I_{св}$ [1] показано в таблице Е.7.

Таблица Е.5

Соответствие наименований глинистых (настоящий стандарт) и тонкодисперсных (см. [1] и [2]) минеральных грунтов

По ГОСТ 25100	По [1] и [2]			
Наименование грунта	Наименование грунта	Индекс	Число пластичности PI , %	Граница текучести LL , %
Глина тяжелая	Fat clay	<i>CH</i>	> 45	> 65
Глина легкая			28 – 45	45 – 76
Суглинок тяжелый			19 – 28	50 – 53
Суглинок легкий	Lean clay	<i>CL</i>	19 – 28	36 – 50
Супесь			11 – 19	22 – 45
			7 – 11	< 32
	Silty clay	<i>CL – ML</i>	4 – 7	< 30
Глина тяжелая литифицированная	Elastic silt	<i>MH</i>	> 53	> 92
Глина легкая литифицированная			35 – 53	68 – 114
Суглинок тяжелый литифицированный			24 – 35	52 – 102
Суглинок легкий литифицированный			< 24	50 – 68
Супесь литифицированная			Silt	<i>ML</i>
	< 15	< 41		

Таблиц Е.6

Соответствие наименований глинистых (настоящий стандарт) и тонкодисперсных (см. [1] и [2]) органо-минеральных и органических грунтов

По ГОСТ 25100	По [1] и [2]			
Наименование грунта	Наименование грунта	Индекс	Число пластичности PI , %	Граница текучести LL , %
Глина тяжелая	Organic clay with high plasticity	<i>OH</i>	> 47	> 68
Глина легкая			29 – 47	44 – 98
Суглинок тяжелый			19 – 29	50 – 62
Суглинок легкий			13 – 19	50 – 51
Суглинок тяжелый	Organic clay with low plasticity	<i>OL</i>	19 – 29	36 – 50
Суглинок легкий			13 – 19	25 – 50
Супесь			< 13	< 41
Торф	Peat	<i>Pt</i>	–	–

Таблица Е.7

Соответствие наименований разновидностей минеральных и органо-минеральных грунтов по показателям текучести I_L и консистенции I_c

По ГОСТ 25100			По [1]
Наименование грунта	Показатель текучести I_L	Разновидность грунта	Показатель консистенции I_c
Супесь	$I_L < 0$	Твердая	very stiff
	$0 \leq I_L \leq 1,0$	Пластичная	very soft – stiff
	$I_L > 1,0$	Текучая	very soft
Суглинок	$I_L < 0$	Твердый	very stiff
	$0 \leq I_L \leq 0,25$	Полутвердый	stiff
	$0,25 < I_L \leq 0,5$	Тугопластичный	firm – stiff
	$0,5 < I_L \leq 0,75$	Мягкопластичный	soft – firm
	$0,75 < I_L \leq 1,0$	Текучепластичный	very soft – firm
	$I_L > 1,0$	Текучий	very soft – soft
Глина	$I_L < 0$	Твердая	very stiff
	$0 \leq I_L \leq 0,25$	Полутвердая	stiff
	$0,25 < I_L \leq 0,5$	Тугопластичная	firm – stiff
	$0,5 < I_L \leq 0,75$	Мягкопластичная	firm
	$0,75 < I_L \leq 1,0$	Текучепластичная	soft – firm
	$I_L > 1,0$	Текучая	very soft – soft

**Приложение Ж
(обязательное)**

Основные обозначения характеристик грунтов

Таблица Ж.1

Обозначение	Р а з м е р - ность	Наименование характеристики грунта по настоящему стандарту	Международное наи- менование характери- стики грунта
L	мм	Длина	Length
d	мм	Диаметр частиц	Particle diameter
T	°С	Температура	Temperature
ρ_s	г/см ³	Плотность частиц грунта	Specific gravity
ρ	г/см ³	Плотность грунта	Bulk density
ρ_d	г/см ³	Плотность скелета грунта (сухого грунта)	Dry bulk density
e_{max}	д.е.	Коэффициент пористости песка в предель- норыхлом состоянии	Maximum index void ratio
e_{min}	д.е.	Коэффициент пористости песка в предель- ноплотном состоянии	Minimum index void ratio
I_D	д.е.	Степень плотности	Density ratio
n	%	Пористость	Porosity
e	д.е.	Коэффициент пористости	Void ratio
ρ_w	г/см ³	Плотность воды	Water density
w	%, д.е.	Влажность	Water content
S_r	д.е.	Степень влажности	Saturation ratio
w_L	%	Влажность на границе текучести	Liquid limit
w_p	%	Влажность на границе раскатывания	Plastic limit
I_p	%	Число пластичности	Plasticity index
I_L	%	Показатель текучести	Liquidity index
S_f	ед.	Показатель чувствительности	Sensitivity ratio
C_u	д.е.	Степень неоднородности гранулометриче- ского состава	Uniformity coefficient
D_{dp}	д.е.	Степень разложения торфа	Peat decay degree
A	%	Зольность торфа	Ash content of peat
K_{wrt}	д.е.	Коэффициент выветрелости	Decomposition index
K_{fr}	д.е.	Коэффициент истираемости	Abradability index
K_{ϕ}	м/сут	Коэффициент фильтрации	Coefficient of per- meability
КТП	%	Коэффициенттрещиннойпустотности	Joint hollowness coef- ficient
q_{sr}	г/л	Степень растворимости	Solubility ratio
RQD	%	Показатель качества скального грунта	Rock Quality Designa- tion
R_c	МПа	Предел прочности на одноосное сжатие	Uniaxial compression strength
c_u	кПа	Сопротивление недренированному сдвигу	Undrained shear strenght

Окончание таблицы Ж.1

OCR	д.е.	Коэффициент переуплотнения	Overconsolidationratio
E	МПа	Модуль деформации	Modulus of deformation
m	МПа ⁻¹	Коэффициент сжимаемости	Coefficient of compressibility
ε_{sw}	д.е.	Относительная деформация набухания	Expansive strain
ε_{sl}	д.е.	Относительная деформация просадки	Slump strain
mf	МПа ⁻¹	Коэффициент относительной сжимаемости мерзлого грунта	Coefficient of volume compressibility
I_r	д.е.	Относительное содержание органического вещества	Organic matter content index
ρ_i	г/см ³	Плотность льда	Ice density
ε_{fh}	д.е.	Степень морозной пучинистости	Frost heave rate
T	°С	Температура	Temperature
T_{bf}	°С	Температура начала замерзания	Ground freezing point
ρ_i	г/см ³	Плотность льда	Ice density
D_{sal}	%	Степень засоленности грунта	Soil salinity degree
ρ_f	г/см ³	Плотность мерзлого грунта	Frozen soil density
S_{rf}	д.е.	Степень заполнения объема пор льдом и незамерзшей водой	Ratio of soil pores filled with ice and unfrozen water
w_{tot}	%	Суммарная влажность мерзлого грунта	Total water content
w_{ic}	%	Влажность мерзлого грунта за счет порового льда	Water content due to ice cement
w_w	%	Влажность мерзлого грунта за счет незамерзшей воды	Water content at the expense of not frozen water
w_m	%	Влажность мерзлого грунта, расположенного между ледяными включениями	Water content of frozen soil located between ice prolayers
i_{tot}	д.е.	Суммарная льдистость мерзлого грунта	Total volume content of ice
i_i	д.е.	Льдистость за счет видимых включений льда	Volume content of ice due to prolayers
i_{ic}	д.е.	Льдистость за счет льда-цемента	Volume content of ice due to ice-cement
ε_{fh}	д.е.	Степень морозной пучинистости	Frost heave rate

Библиография

- | | | |
|-----|--|--|
| [1] | ИСО 14688-2:2004

ISO 14688-2:2004 | Геотехнические исследования и испытания – Идентификация и классификация грунтов – Часть 2: Принципы классификации и количественное выражение характеристик
Geotechnical investigation and testing – Identification and classification of soil – Part 2: Classification principles and quantification of descriptive characteristics |
| [2] | АСТМ Д 2487-2000

ASTM D 2487-2000 | Метод стандартных испытаний для классификации грунтов для инженерных целей
Standard Test Method for Classification of Soils for Engineering Purposes |
| [3] | ИСО/ТС 17892-12:2004

ISO/TS 17892-12:2004 | Геотехнические исследования и испытания – Лабораторные испытания грунтов – Часть 12: Определение пределов Аттерберга
Geotechnical investigation and testing – Laboratory testing of soil – Part 12: Determination of the Atterberg limits |
| [4] | АСТМ Д 4318-2000

ASTM D 4318-2000 | Метод стандартных испытаний для определения границы текучести, границы пластичности и индекса пластичности грунтов
Standard Test Method for Liquid Limit, Plastic Limit, and Plasticity Index of Soil |

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА ПО 1-Й РЕДАКЦИИ ГОСТ 25100 ГРУНТЫ. КЛАССИФИКАЦИЯ (ПЕРЕСМОТР)

© 2018 Свертилов.А.А., Иоспа А.В., Игнатова О.И.

*Научно-исследовательский институт оснований и подземных сооружений
(НИИОСП им. Н.Г. Герсеванова АО НИЦ «Строительство»),
Москва, Рязанский пр., д. 59, 109428, Россия
E-mail: svertilov@yandex.ru*

НИИОСП им. Н.М. Герсеванова подготовил 1-ю редакцию пересматриваемого ГОСТ 25100 Грунты. Классификация [ГОСТ 25100-2011]. Помимо официального извещения о пересмотре, рабочая группа разослала письма ряду ведущих организаций, персонально предложив обсудить изменения в новой редакции ГОСТ. В результате получены и рассмотрены конкретные предложения от кафедры инженерной геологии МГУ им.М.В.Ломоносова (Москва), Охотинского общества грунтоведов (Санкт-Петербург) и специалистов Института геоэкологии им.Е.М.Сергеева РАН (Москва). Были рассмотрены также предложения по запросам, которые поступали в НИИОСП им.Н.М.Герсеванова, НОПРИЗ (НОИЗ) с 2012 по 2017г.г. Таким образом, собран обширный материал для корректировки действующей редакции ГОСТ. Значительная часть предложений учтена при подготовке 1-й редакции проекта стандарта. Порядок разработки стандартов на этом этапе общественные обсуждения не предусматривает.

Статью предваряет краткий аналитический обзор развития подходов к стандартизации классификаций грунтов в России и уточнения их целевого их назначения.

Ключевые слова: грунт, классификация, стандартизация, инженерно-геологические изыскания, геотехника.

История номенклатур и классификаций грунтов

Первый стандарт, посвященный общей классификации грунтов [ГОСТ 25100-82] появился как развитие положений разделов «Номенклатура грунтов оснований» [СНиП II-15-74] и [СНиП II-15-76]. Этому стандарту, в свою очередь, предшествовали аналогичные разделы в ряде нормативных документов. Значительная часть этих номенклатур была разработана НИИОСП им. Н.М.Герсеванова (до 1956г. – НИИ-100) для обеспечения расчетов фундаментов и оснований (геотехническое проектирование) исходными данными по характеристикам грунтов [СНиП II-Б.1-62, НиТУ 127-55 и др.]. Номенклатуры грунтов в СНиП 11-15-74, СНиП II-15-76, СНиП II-Б.1-62 и др. имели одну конкретную цель (назначение) – геотехническое проектирование и опирались на количественные показатели, необходимые для расчетов. Объем разделов, посвященных номенклатурам не превышал 10-ти страниц.

Редакция стандарта 1995 года, была единственным стандартом группы «Грунты» вошед-

шим в Перечень нормативов, обеспечивавших требования Технического регламента «О безопасности зданий и сооружений» на обязательной основе [Перечень, 2010] и включена в список нормативных документов подлежащих первоочередной актуализации.

С учетом важности пересматриваемого стандарта, в статье рассмотрены основные изменения, предложения разработчиков по корректировке действующей редакции, а также поставлен ряд вопросов, которые требуют обсуждения. По сути, она является нашим приглашением к конструктивному диалогу при подготовке стандарта до его рассмотрения на РГ-19 ТК 465.

Сформальной точки зрения, Классификация (Раздел 5) действующего стандарта имеет ряд недостатков:

- отсутствие единой цели классифицирования;
- применение единой классификации для скальных пород и дисперсных грунтов;
- преобладание общегеологической, качественной информации в основных нормативных положениях стандарта;

- количественные признаки разделения грунтов по свойствам вынесены из основных положений в Приложения.

В работах Ломтадзе В.Д. [1984], Бондарика Г.К. [1981], Сергеева Е.М., [1952], Маслова Н.Н. [1971] и др. приведены аналитические обзоры существовавших на тот момент классификаций грунтов и предложены свои подходы к разделению грунтов. Большинство классификаций рассматривает разделение грунтов (пород) на основные таксоны (классы) по генетическому или петрологическому признаку. В пределах классов выделение таксонов нередко производится на основании свойств, которые определяют несущую способность грунта [Ломтадзе, 1984, Маслов, 1971 и др.].

В конце 70-х годов, как в научной литературе, так и в нормативных документах появилась тенденция рассматривать грунт как часть геологической среды безотносительно геотехнического проектирования. В основных нормативных положениях ГОСТ 25100 основаниями деления грунтов являются качественные признаки, не отражающие их строительные свойства - это тип структурных связей, генезис и условия образования грунтов, вещественный, петрологический и литологический состав. Типизация грунтов по количественным признакам появляется в ранге «Разновидность». В ГОСТ 25100-2011 это - Приложение Б «Разновидности грунтов (Обязательные)», Приложение В «Разновидности грунтов. (Рекомендуемые)» и Приложение Г «Классификация массивов скальных грунтов». Разработчиками ГОСТ 25100 в редакциях -82, -95 были, в основном, специалисты ПНИИИС и ученые геологического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова. Действующая редакция ГОСТ 25100-2011 разработана под эгидой Национального объединения изыскателей, объединившего специалистов Института геоэкологии им. Е.М. Сергеева РАН, геологического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова, НИИОСП им. Н.М. Герсевича, а также ряд отраслевых ВУЗов и научно-производственных организаций.

Инженерно-геологический приоритет в стандартах 25100 объясним. На первых этапах градостроительной деятельности в число основных задач инженерно-геологических изысканий входит получение материалов для принятия объемно-планировочных решений, расчета геологических рисков, проектирования объектов инженерной защиты [ФЗ №190 Градостроительный кодекс РФ]. На этом этапе грунт рассматривается как геологическая среда, включая существующие или возможные

геологические и инженерно-геологические процессы. Показатели состава и свойств грунтов являются обобщенными - для построения геологических моделей. Исходные данные для геотехнического проектирования - лишь заключительная часть инженерно-геологических изысканий. Задача геотехнических изысканий и исследований - получение данных для расчетных моделей. Смысловое наполнение терминов «инженерные изыскания», «инженерная геология», «грунтоведение» и «геотехнические свойства», которое применено при подготовке 1-й редакции ГОСТ, рассматривалось в статье [Здобин Д.Ю., Свертилов А.А., 2014], в ней также дан анализ исторических причин отличий отечественного, инженерно-геологического подхода от «западного», геотехнического.

На наш взгляд, если исходить из того, что одной из основных целей инженерно-геологических изысканий является обеспечение проектирования, то перенос количественных признаков исключительно в нижний уровень классификации - решение спорное.

В ГОСТ 25100-82 для разделения грунтов по геотехническим свойствам, была создана новая структура. Верхний уровень - два основных таксона (класс), определены по признаку наличия или отсутствия жестких структурных связей, класс скальных грунтов и класс нескальных грунтов соответственно. Второй уровень (группа) выделяется по происхождению. При этом в классе нескальных грунтов выделены всего 2 группы - Осадочные нецементированные и Искусственные, в то время как в классе скальных грунтов их 4 - Магматические, Метаморфические, Осадочные цементированные, Искусственные. Начиная с 3 уровня (подгруппы) и далее - на уровнях Подгруппа, Тип, Вид, Разновидность - принципы выделения в пределах каждого таксономического уровня различны. Количественные характеристики состава и свойств выделения появляются в уровне «Тип» в классе нескальных грунтов и «Разновидность» - в классе скальных.

Редакция ГОСТ 25100-95 значительно улучшила классификационную часть. По сути, она лежит в основе действующей и актуализуемой редакций. При этом общегеологический, качественный подход в выборе классификационных признаков верхних таксономических уровней сохранился: генезис → условия образования → вещественный состав. Количественные характеристики состава и свойств грунтов в ГОСТ 25100-95 вынесены в виды и разновидности. Показатели, определяющие Виды грунтов частично вне-

сены в Приложение А «Термины и определения». Для выделения разновидностей грунтов создано Приложение Б. В результате ГОСТ 25100-95 состоит из двух независимых частей, где основные положения созданы на основе теоретических разработок Сергеева Е.М. [1952], а частные классификации (Приложения) - из номенклатуры грунтов строительных норм и иных прикладных классификаций.

Действующая редакция ГОСТ 25100-2011, по сути, сохраняет предыдущую структуру. При этом существенно вырос объем приложений. Появились Приложение В «Разновидности грунтов (Рекомендуемое)», Приложение Г «Классификация массивов скальных грунтов (Рекомендуемое)», Приложение Д «Основные термины, используемые в международных стандартах (Справочное)», Приложение Е «Соответствие наименований дисперсных грунтов, используемых в настоящем стандарте и в международных стандартах (Справочное)», Приложение Ж «Основные обозначения характеристик грунтов (Обязательное)».

В результате, если объем ГОСТ 25100-82 составлял 9 страниц, всего на три страницы больше чем соответствующий раздел строительных норм [СНиП 11-15-74], то редакция 1995 года содержала уже 30 страниц, а действующая редакция содержит около 50, т.е. объем стандарта постоянно растет и уже напрашивается решение в дальнейшем разделить стандарт на 2-е части или даже стандарта, по аналогии с ГОСТ Р ИСО 14688 и ГОСТ Р ИСО 14689.

За время действия нынешней редакции были разработаны и приняты сопряженные с ГОСТ 25100 переводы стандартов ИСО [ГОСТ Р ИСО 14688-1-2017, ГОСТ Р ИСО 14688-2-2017 и ГОСТ Р ИСО 14689-2017]. Также в ФАУ «ФЦС» на стадии издания находится ГОСТ XXXX 2018 «Грунты. Полевое описание».

При редактировании стандарта в 1-й редакции мы ограничили небольшие изменения структуры и содержания таксонов, а также предложили таблицу геотехнической типизации подклассов грунтов по основным свойствам, определяющим несущую способность.

Ниже приведены основные изменения, предложенные авторами в первой редакции актуализированного ГОСТ по разделам стандарта.

Термины и определения

По форме представления мнения разработчиков разделились: располагать их, согласно рекомендациям ГОСТ 1.5-2012 в виде терминологических статей в соответствии с выявленными

связями между понятиями, выражаемыми терминами, в последовательности "от общего - к частному" и (или) "от определяющего - к определяемому" или сохранить алфавитный порядок. Нами выбран промежуточный вариант давать определение начиная с существительных, сгруппировав их частично по частям. Например, принята следующая редакция терминов: «грунт антропогенный, грунт дисперсный, грунт заторфованный, ...», как было в редакциях ГОСТ 25100-82 и ГОСТ 25100-95.

Исключены статьи: «блок» «почвы», «вещественный состав грунта», «водопроницаемость», «криогенная текстура», «засоленность».

Добавлены статьи «техногенно преобразованный грунт (геокомпозит)», «заполнитель», «массив скального грунта», «структурный элемент грунта».

Подверглось редакции значительное количество определений. Например: «грунт», «грунт глинистый», «органическое вещество» и др.

Общие положения

В п.4.1 Признак класса (подкласса) предложен в редакции «по типу структурных связей»; группы (подгруппы) – «по генезису и условиям образования».

Классификация грунтов

Изменено наименование раздела, изменена редакция п.5.2 - 5.4. В соответствии с принципами классификации по единым признакам отредактированы Таблицы 1-3. Введена таблица 4 - Геотехническая типизация талых грунтов инженерно-геологических подклассов по основным геотехническим свойствам. Под геотехническими свойствами здесь понимаются свойства, определяющие несущую способность грунтов.

Цель геотехнической типизации – усиление расчетной составляющей стандарта и гармонизация со стандартами ИСО. Во второй редакции геотехническую типизацию мерзлых грунтов планируется значительно переработать, в том числе проработать её для мерзлых грунтов.

Приложения

Приложение А Основные показатели свойств и состава грунтов

Изменено название – значительная часть показателей характеризует состав.

Статья А.1 – Высота капиллярного поднятия – исключена.

Статья «Коэффициент водонасыщения» заменена на «Степень влажности грунта».

Параметр «Степень морозной пучинисто-

сти» приведен в размерности «д.е.».

Параметр «Степень растворимости в воде» (q_{sr}) приведен в редакции «степень растворимости скального грунта в воде».

Параметр «Число пластичности» (I_p) приведен в редакции «Число пластичности глинистых грунтов».

Приложения Б (Обязательное) и В (Рекомендуемое) - Разновидности грунтов

Сокращены наименования приложений.

По выделению разновидностей:

- Определение разновидностей скальных грунтов по пределу прочности на одноосное сжатие. Добавлено Примечание «Скальные и полускальные грунты, которые разрушаются при водонасыщении, относят к грунтам очень низкой прочности и размягчаемым (см. Б.1.5).»

- Определение разновидностей по степени растворимости в воде скального грунта перенесены в Приложение В.

- Определение разновидностей скальных грунтов по водопроницаемости перенесены в Приложение В

- Определение разновидностей крупнообломочных грунтов и песков по гранулометрическому составу – добавлено Примечание 2: «При наличии в крупнообломочных грунтах примерно равного количества частиц различной крупности это необходимо указывать в наименовании грунта (гравийно-галечниковый грунт, дресвяно-щебенистый).»

- Определение разновидностей песков искусственного сложения по степени плотности перенесено в Приложение В.

Термин «коэффициент водонасыщения» заменен на «степень влажности».

В Таблице определения разновидностей грунтов по коэффициенту истираемости изменена терминология на таксоны: «Неистираемый», «Слабо истираемый» и проч.

Исключены таксоны «Чрезвычайно просадочный», «Чрезмерно пучинистый» в соответствующей Таблице.

Объединены в одну таблицы определения разновидностей органоминеральных грунтов.

Для определения разновидностей грунтов по степени засоленности определены наиболее распространенные соли, являющиеся легко- и среднерастворимыми. Для грунтов, засоленных среднерастворимыми солями введены термины «Незагипсованный», «Слабозагипсованный», и др.

Определения мерзлых грунтов по температуре и состоянию перенесены в Приложение В.

Определение разновидностей мерзлых грунтов по степени засоленности сведено в

одну таблицу.

Определение разновидностей по типам криогенных текстур перенесено в Приложение В (во второй редакции предлагается исключить, поскольку подробная классификация имеется в ГОСТ XXXX Грунты. Полевое описание).

Основные петрографические разности магматических грунтов сгруппированы по содержанию SiO_2 , метаморфические – по типам метаморфизма.

Две таблицы карбонатно-терригенных пород сведены в одну.

Изменено наименование таксонов «Чрезвычайно высокой прочности» на «Очень сильно высокой прочности» в типизации по сопротивлению недренированному сдвигу, а также «Текучие глины» на «Очень сильно чувствительные (текучие глины)» в типизации по чувствительности глинистых грунтов.

В Приложение В добавлена часть 3 (В.3 Разновидности мерзлых грунтов).

Приложение Г Классификация массивов скальных грунтов

Приложение Г гармонизировано с приложением АСП 23.13330.2011.

В Таблицу выделения разновидностей скальных грунтов по степени сплошности включено Примечание.

Из типизации по форме блоков отдельно исключены развернутые пояснения.

В типизации трещин по расстоянию между стенками термин «Щели» заменен на «Очень широкие».

Приложения Д, Е

Развернуты Общие положения Приложения Е (Соответствие наименований дисперсных грунтов, используемых в настоящем стандарте, и в международных стандартах).

Приложение Ж Основные обозначения характеристик грунтов

Развернуты Общие положения Приложения Е (Соответствие наименований дисперсных).

Уточнен перевод некоторых терминов:

- Плотность грунта – Bulkdensity;
- Плотность скелета (сухого грунта) – Drybulkdensity;
- Плотность частиц грунта – Specificgravity;
- Степень плотности – Dencityratio;
- Степень влажности - Saturationratio;
- Предел прочности на одноосное сжатие - Uniaxialcompressionstrength;
- Степень заполнения объема пор льдом и незамерзшей водой - Ratio of soil pores filled with ice and unfrozen water.

Предложения изменений во вторую редакцию

Раздел Термины и определения

Предлагаем обсудить избыточность раздела «Термины и определения». Считаем, из данного раздела можно исключить термины: «грунт техногенно измененный»; «грунт техногенно перемещенный», «грунт техногенно преобразованный». Эти термины нигде, кроме раздела 5 Классификация не используются, и являются понятными для специалистов и содержатся в учебной литературе. Также, на наш взгляд, возможно исключить термины «грунт просадочный», «грунт пучинистый», «грунт заторфованный», «грунт органический», «потенциал разжижения грунта». Определения этих терминов не несут дополнительной информации к тому, что содержится в соответствующих статьях и таблицах в Приложениях.

Предлагаем рассмотреть возможности исключения ограничения по содержанию органики из определения илов, т.к. оно отсутствует в морской геологии, где илы определяются генезисом, положением в структуре донной поверхности и состоянием [Геологический словарь, 1978]. При исследованиях на шельфе органического вещества в илах, нередко, крайне мало. Возможно исключение терминов «ил», «сапропель», т.к. литологические определения выходят за рамки настоящего стандарта, а также приводят к ошибкам при индексации в компьютерной обработке. Так, например, сильнольдистые мерзлые глинистые грунты классифицируются как сапропели в программном комплексе ИнжГео вследствие формального наложения подобных условий на различные грунты.

Раздел Классификация грунтов.

Класс скальных грунтов

С учетом принятой редакции проекта ГОСТ XXXX «Грунты. Полевое описание» дублированных требований к идентификации массивов скальных грунтов прописанные в приложении Г предлагается сократить, введя соответствующие ссылки на новый стандарт.

Выделение подкласса «Скальные не прочные» считаем целесообразным, но критерии его выделения обсуждаемы.

Класс дисперсных грунтов

В подклассе дисперсных несвязных грунтов в петрографическом виде крупнообломочных грунтов напрашивается выделение валунно-глыбовых грунтов в отдельный вид, так как их инженерно-геологические свойства и методы определения (вернее не определения) их свойств отличаются от других видов несвязных

грунтов.

В подклассе связных грунтов возможно выделение специфических грунтов, поскольку именно специфические свойства таких грунтов определяют подходы к их строительному освоению (параметры просадочности, набухания, высокая степень изменчивости состава и свойств). Также предлагаем несколько укрупнить выделение разновидностей по некоторым признакам. Например, на наш взгляд, подразделение дисперсных грунтов по степени морозной пучинистости избыточно дробное – практическая польза от выделения разновидности «Чрезмерно пучинистый» отсутствует. Мы предлагаем данный таксон, ограничив выделение разновидностью «Сильнопучинистый» со степенью пучинистости более 7,0%.

Класс мерзлых грунтов

Основные вопросы которые планируется решить при обсуждении 2-й редакции:

1. Подразделение дисперсных грунтов по льдистости избыточно дробное – в практике при льдистости за счет ледяных включений более 0,4 изменчивость грунтовой толщи такова, что выделение разновидностей по границе $I_i=0,6$ крайне затруднительно, а практическая польза такого разделения весьма сомнительна. Мы предлагаем исключить таксон «Очень сильнольдистый» из данной таблицы, оставив в Таксоне «Сильнольдистый» грунты с льдистостью за счет видимых ледяных включений до 0,8, а свыше – перевести в таксон «Ледогрунты», что больше отвечает их свойствам [Аксенов, 2017].

2. Предлагается исключить разделение мерзлых дисперсных грунтов по состоянию на пластичномерзлые и твердомерзлые в п.Б.3.3 (Таблица Б.32). В связи с тем, что разделение их производят сразу по 2-м не имеющим достаточной корреляции между собой признакам (температура и коэффициент сжимаемости мерзлого грунта), это приводит к неоднозначности результатов изысканий. Также отсутствуют нормативные значения переходных коэффициентов от результатов лабораторных (компрессионных) испытаний к штамповым (по аналогии с таковыми у немерзлых грунтов). Кроме того, температура грунта в верхней части грунтовой толщи (нередко до 10м от поверхности и более) изменяется в течение года вместе с состоянием. Диапазон же нагрузок, в котором требуется определение состояния мерзлого грунта и вовсе не определен.

Таблица 4 Геотехническая типизация талых грунтов инженерно-геологических подклассов (таблицы 1-2) по основным геотехническим свойствам

Предлагается расширить типизацию включив в нее подкласс мерзлых грунтов. Также таблица требует обсуждения и доработки по уточнению основных количественных признаков.

Приложения

Приложение А «Основные показатели свойств и состава грунтов»

Обсуждается целесообразность разделения Приложения А на две части: Свойства и Состав. Возможно значительное сокращение объема за счет переноса в Приложение Ж «Основные обозначения характеристик грунтов» всех условных обозначений. Возможно ранжировать показатели свойств на основные, определяющие основное название грунта и те, которые определяют дополнительные характеристики.

Приложение Д. Основные термины, используемые в международных стандартах, Приложение Е. Соответствие наименований дисперсных грунтов, используемых в настоящем стандарте и в международных стандартах

Эти разделы, на наш взгляд, требуют существенного сокращения и приведения в более строгую форму в соответствии с требованиями [подраздел 4.1 ГОСТ 1.5-2001]. За это высказывались многие специалисты при подготовке 1-й редакции стандарта.

Заключение

За рамки пересмотра действующей редакции ГОСТ 25100 мы выносим целесообразность разделения стандарта на две части, или выделения классификации скальных оснований в отдельный нормативный документ. Подход к классификации скальных оснований, на наш взгляд, значительно отличается от такового у дисперсных грунтов. В научно-прикладной литературе для скальных оснований разработаны комплексные критерии качества скального основания (Е.Ноек-Е.Т. Brown, Bieniawski, D.Laubacher, А.Н.Шашенко и др.), которые успешно применяются в геотехнике, но неуместны в ГОСТ 25100. Включение в план Минстроя России такого документа считаем целесообразным. Также обращает на себя внимание то, что большое количество критериев выделения разновидностей в настоящее время не обеспечено нормированными методами получения этих характеристик.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аксенов В.И., Геворкян С.Г., Дорошин В.В. Зависимость прочностных и физических свойств мерзлых песков от влажности // Основания, фундаменты и механика

грунтов. 2017 №6 с.35-39

2. Бондарик Г.К. Общая теория инженерной (физической) геологии, Недра, 1981

3. Геологический словарь, М., Недра, 1978.

4. ГОСТ Р ИСО 14688-1-2017 Геотехнические исследования и испытания. Идентификация и классификация грунтов. Часть 1. Идентификация и описание

5. ГОСТ Р ИСО 14688-2-2017 Геотехнические исследования и испытания. Идентификация и классификация грунтов. Часть 2. Классификация

6. ГОСТ 1.5-2012 Стандартизация в Российской Федерации. Правила построения, изложения, оформления и обозначения

7. ГОСТ 25100-2011 Грунты. Классификация

8. Здобин Д.Ю., Свертилов А.А. История становления инженерной геологии и геотехники в России и их современное положение в системе инженерных изысканий. Инженерные изыскания 1/2014

9. Ломтадзе В.Д. Инженерная геология. Инженерная петрология. М. Недра, 1984

10. Маслов Н.Н., Котов М.Ф. Инженерная геология. Изд-во литературы по строительству, 1971

11. НИТУ 127-55 Нормы и технические условия проектирования естественных оснований зданий и промышленных сооружений. Государственное издательство литературы по строительству и архитектуре. 1955

12. Перечень национальных стандартов и сводов правил (частей таких стандартов и сводов правил), в результате применения которых на обязательной основе обеспечивается соблюдение требований Федерального закона "Технический регламент о безопасности зданий и сооружений" (утв. распоряжением Правительства РФ от 21 июня 2010 г. N1047-р).

13. Сергеев Е.М. Общее грунтоведение. М., Изд-во МГУ, 1952

14. СНиП II-15-74 Основания зданий и сооружений. Стройиздат. 1975

15. СНиП II-18-76 Основания зданий и сооружений на вечномёрзлых грунтах. Стройиздат. 1977

16. СНиП II-Б. 1-62 Основания зданий и сооружений Нормы проектирования. Госстройиздат. 1962

17. СП 23.13330.2011 актуализированная редакция СНиП 2.02.02-85 Основания гидротехнических сооружений.

18. Федеральный закон от 29 декабря 2004 г. N 190-ФЗ "Градостроительный кодекс Российской Федерации

СТЕПЕНЬ ЗАСОЛЕННОСТИ ГРУНТА: ВОПРОСЫ ТЕРМИНОЛОГИИ, НОРМАТИВНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ, МЕТОДИКИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ

© 2018 г. Д.Ю. Здобин, Ю.В. Симонова, А.В. Русаков

*Санкт-Петербургский государственный университет,
199034, Санкт-Петербург, Университетская наб., 7-9
e-mail: zdobin_soil@mail.ru*

Засоленность является важной физико-химической характеристикой грунта, в обязательном порядке учитываемой при производстве инженерных изысканий, проектировании и строительстве зданий и сооружений. Количественным критерием засоленности грунта является показатель степени засоленности. В настоящее время отдельный Государственный стандарт на методы лабораторного определения степени засоленности в грунтах отсутствует. В практике инженерных изысканий для строительства засоленность грунтов определяется по умолчанию, в грунтовых испытательных лабораториях при определении засоленности придерживаются нормативной базы, разработанной для исследований почвы.

Употребляемый в ГОСТ 25100-2011 «Грунты. Классификация» термин «степень засоленности» имеет высокую информационную нагрузку и при этом регламентируется государственным стандартом недостаточно. Его содержание не раскрыто в той мере, которая позволила бы применять унифицированный методологический подход и соблюдать принцип необходимого объема аналитических работ, что, безусловно, имеет значение для надлежащего качества исполнения инженерно-геологических изысканий. Задачи по совершенствованию понятийного аппарата и методологической проработке приемов определения основных критериев засоленности имеет смысл решать на базе специального нормативного документа ГОСТ «Грунты. Методы лабораторного определения степени засоленности».

Ключевые слова: грунты, степень засоленности, ГОСТ, термины, классификация, воднорастворимые соли, мерзлые грунты.

Введение.

Засоленность грунта влияет на инженерные конструкции, в первую очередь, при переходе солей в жидкую фазу, обуславливая минерализацию, жесткость, агрессивность, выщелачивающую способность грунтовых и поровых вод по отношению к бетону и металлам. Взаимодействие сульфатно-агрессивных вод, приуроченных к областям распространения сульфатных грунтов, с бетонной известью приводит к поражению бетона «цементной бациллой» и его постепенному разрушению. Высокое содержание хлоридов, особенно при наличии больших количеств магния и незначительной карбонатной жесткости, оказывает металлоразрушающее действие. Засоленность грунтов может воздействовать на инженерные конструкции и через изменение физических свойств. На примере глинистых грунтов было показано, как увеличение засоленности уменьшает их сцепление и увеличивает угол внутреннего трения [20]. По мнению специалистов Карагандинского госу-

дарственного технического университета [32], многочисленные деформации и разрушения зданий на территории Казахстана стали результатом недоучета фактора засоленности грунтов и его следствий:

- суффозионной осадки основания в результате фильтрации воды с последующим выщелачиванием солей;
- снижения прочностных и деформационных характеристик грунта в основаниях при рассолении в процессе эксплуатации;
- развития просадки, суффозионной осадки или набухания при подтоплении;
- повышения агрессивности грунтовых вод к материалу конструкций нулевого цикла в результате растворения содержащихся в грунте солей.

Засоленные мерзлые грунты в еще большей степени подвержены снижению прочности и росту деформируемости, особенно значительно при температуре, близкой к началу замерзания [3].

Таким образом, при работе в областях распространения засоленных грунтов результаты инженерно-геологических изысканий должны в обязательном порядке отражать данные о степени засоленности, качественном и количественном составе солей, их генезисе, формах проявления, условиях залегания.

Информационная емкость понятия «степень засоленности грунта».

Рассмотрим информационную емкость понятия «степень засоленности», обозначенного в нормативных документах. Недавно вышел в свет актуализированный документ по классификации грунтов ГОСТ 25100-2011 «Грунты. Классификация» [10]. В настоящее время это один из основных документов, регламентирующих отнесение грунтов к засоленным и их подразделение в зависимости от суммарного содержания легко- и среднерастворимых солей. Согласно п. 3.10 ГОСТ 25100-2011 засоленность — характеристика, определяемая количеством воднорастворимых солей в грунте (п. 3.10 ГОСТа). Степень засоленности грунта $D_{sal} \%$ — отношение массы воднорастворимых солей в грунте к массе абсолютно сухого грунта (п. А.22 ГОСТа).

В данном федеральном стандарте приводятся две частных инженерно-геологических классификации разновидностей дисперсных грунтов по степени засоленности (Приложение Б ГОСТа). По степени засоленности легкорастворимыми солями грунты подразделяют согласно таблице Б.25, среднерастворимыми — согласно таблице Б.26.

Таблица Б.25

Разновидность грунтов	Степень засоленности грунтов легкорастворимыми солями $D_{sal} \%$	
	хлоридное, сульфатно-хлоридное засоление	сульфатное, хлоридно-сульфатное засоление
Незасоленный	<0.5	<0.5
Слабозасоленный	$0.5 \leq D_{sal} < 2.0$	$0.5 \leq D_{sal} < 1.0$
Среднезасоленный	$2.0 \leq D_{sal} < 5.0$	$1.0 \leq D_{sal} < 3.0$
Сильнозасоленный	$5.0 \leq D_{sal} \leq 10.0$	$3.0 \leq D_{sal} \leq 8.0$
Избыточно засоленный	$D_{sal} > 10.0$	$D_{sal} > 8.0$

Таблица Б.26

Разновидность грунтов	Степень засоленности грунтов среднерастворимыми (гипс, ангидрит) солями $D_{sal} \%$		
	Суглинок	Супесь	Песок
Незасоленный	$D_{sal} \leq 5$	$D_{sal} \leq 5$	$D_{sal} \leq 3$
Слабозасоленный	$5 < D_{sal} \leq 10$	$5 < D_{sal} \leq 10$	$3 < D_{sal} \leq 7$
Среднезасоленный	$10 < D_{sal} \leq 20$	$10 < D_{sal} \leq 20$	$7 < D_{sal} \leq 10$
Сильнозасоленный	$20 < D_{sal} \leq 35$	$20 < D_{sal} \leq 30$	$10 < D_{sal} \leq 15$
Избыточно засоленный	$D_{sal} > 35$	$D_{sal} > 30$	$D_{sal} > 15$

Алгоритм отнесения грунта к разновидности по степени засоленности, предусмотренный ГОСТом, в упрощенном виде включает в себя следующие операции: 1) установление типа химизма засоления грунта; 2) определение степени засоленности грунта; 3) определение разновидности грунта с учетом химизма и степени засоленности.

Так как для районов многолетней мерзлоты характерны процессы мерзлотного концентрирования вод, то для мерзлых грунтов в вышеуказанном документе имеются отдельные классификации по степени засоленности. Мерзлые грунты с континентальным типом засоления (сульфатный тип засоления) относят к засоленным при степени засоленности (п. Б.3.4 ГОСТа):

- для песков — 0.10 %;
- для супесей — 0.15 %;
- для суглинков — 0.20 %;
- для глин — 0.25 %.

По степени засоленности мерзлые грунты с морским типом засоления легкорастворимыми солями (хлоридный тип засоления) подразделяют на разновидности в соответствии с таблицей Б.33 ГОСТа.

Употребление термина «степень засоленности» и классификации грунтов по степени засоленности. Обзор нормативно-технической документации.

Согласно СП 47.13330.2016 «Инженерные изыскания для строительства. Основные положения» [29] при инженерно-геологических изысканиях в районах распространения засоленных грунтов необходимо устанавливать степень их засоленности (п. 6.3.3.5), в районах распространения мерзлых грунтов — разно-

Таблица Б.33

Разновидность грунтов	Степень засоленности легкорастворимыми солями D_{sal} , %		
	Пески	Супеси	Суглинки и глины
Незасоленные	$D_{sal} < 0.05$	$D_{sal} < 0.15$	$D_{sal} < 0.20$
Слабозасоленные	$0.05 \leq D_{sal} < 0.15$	$0.15 \leq D_{sal} < 0.35$	$0.20 \leq D_{sal} < 0.40$
Среднезасоленные	$0.15 \leq D_{sal} < 0.30$	$0.35 \leq D_{sal} < 0.60$	$0.40 \leq D_{sal} < 0.80$
Сильнозасоленные	$D_{sal} \geq 0.30$	$D_{sal} \geq 0.60$	$D_{sal} \geq 0.80$

видности грунтов по засоленности и типу засоления (п. 6.3.3.1). В Руководстве по инженерным изысканиям для строительства [19] отмечаются особые требования к составу, объему и методам работ на участках развития засоленных грунтов.

В документе СП 22.13330.2016 «Основания зданий и сооружений» [28] подразделение грунтов по степени засоленности предусматривается производить по ГОСТ «Грунты. Классификация». Основания, сложенные засоленными грунтами, согласно документу должны проектироваться с учетом их особенностей, обуславливающих:

- образование суффозионной осадки при длительной фильтрации воды и выщелачивании солей;
- изменение в процессе выщелачивания солей физико-механических свойств грунта, сопровождающееся, как правило, снижением его прочностных характеристик;
- повышенную агрессивность подземных вод к материалам подземных конструкций за счет растворения солей, содержащихся в грунте;
- набухание и просадку при замачивании.

В Пособии к СНиП 2.02.01-83 [16] степень засоленности полускальных грунтов определяется суммарным содержанием легко- и средне-растворимых солей в % от массы абсолютно сухого грунта. Полускальные грунты с содержанием солей более 2 % считаются засоленными. Среди крупнообломочных, песчаных и пылевато-глинистых грунтов выделяются засоленные грунты, в которых суммарное содержание легко-растворимых и средне-растворимых солей не менее величин, указанных в табл. 16 Пособия.

Таблица 16

Разновидности засоленных грунтов	Минимальное суммарное содержание легко- и средне-растворимых солей в % от массы абсолютно сухого грунта
Засоленный крупнообломочный: при содержании песчаного заполнителя менее 40 % или пылевато-глинистого менее 30 %	2
при содержании песчаного заполнителя 40 % и более	0.5
при содержании пылевато-глинистого заполнителя 30 % и более	5
Засоленный песчаный	0.5
Засоленный пылевато-глинистый	5

В соответствии с СН 449-72 «Указания по проектированию земляного полотна железных и автомобильных дорог» [21] в районах распространения засоленных грунтов необходимо проектировать с учетом степени и качественного характера засоления грунта, используемого в качестве материала для насыпи или ее основания. Засоленными считаются грунты, содержащие легко-растворимые соли в количестве более 0.3 % от веса сухого грунта, а также содержащие «в больших количествах трудно-растворимый сернокислый кальций (гипс) и практически нерастворимый углекислый кальций». Градации по степени засоления приводятся в документе в зависимости от типа химизма засоления, содержания солей и дорожно-климатической зоны (Табл. 44 СН 449-72).

Здесь же имеются критерии для установления качественного характера засоления. Без изменений принятые в документе нормы и классификации сохранились и в последующих актуализированных редакциях сводов правил, в частности в СП 32-104-98 «Указания по проектированию земляного полотна железных и автомобильных дорог» [23] и СП 34.13330.2012 «Автомобильные дороги» [27].

В СП 11-105-97 «Инженерно-геологические изыскания для строительства. Часть 3. Правила производства работ в районах распростране-

Таблица 44

Грунты	Среднее суммарное содержание легкорастворимых солей, % от массы сухого грунта			
	Хлоридное и сульфатно-хлоридное засоление	Сульфатное, хлоридно-сульфатное и содовое засоление		
		V дорожно-кли- матическая зона	Остальные зоны	V дорожно-кли- матическая зона
Слабозасоленные	0.5–2	0.3–1	0.5–1	0.3–0.5
Среднезасоленные	2–5	1–5	1–3	0.5–2
Сильнозасоленные	5–10	5–8	3–8	2–5
Избыточно засоленные	>10	>8	>8	>5

ния специфических грунтов» [22] оговаривается перечень показателей, обязательных к определению на участках с засоленными грунтами. Засоленные грунты классифицируются в документе по суммарному содержанию легко- и среднерастворимых солей вне зависимости от типа химизма (табл. 7.1 СП 11-105-97).

Таблица 7.1

Наименование засоленных грунтов	Минимальное суммарное содержание легко- и среднерастворимых солей в % от веса воздушно-сухого грунта
Крупнообломочный: при содержании песчаного заполнителя 40 % и более	3
при содержании заполнителя в виде суглинка 30 % и более	10
при содержании заполнителя в виде супеси 30 % и более	5
Песок	3
Супесь	5
Суглинок	10

Положения документа СП 11-114-2004 «Инженерные изыскания на континентальном шельфе для строительства морских нефтегазопромысловых сооружений» [24] в целом повторяют термины, определения и требования, предъявляемые к засоленным грунтам из предыдущих нормативов. Для отнесения к засо-

ленным грунтам предлагается придерживаться таблицы Б.26 из ГОСТ 25100. При морском типе засоления для определения разновидности мерзлого грунта по степени засоления предлагается применять классификационную таблицу 6.7.

В СП 121.13330.2012 «Аэродромы» [25] в главе «Основания на засоленных грунтах» оговаривается возможность использования грунтов различной степени засоления в качестве естественного основания и в насыпях; критерии применимости засоленного грунта под основания указаны в таблице 6.6.

Особняком стоит проблема засоленности мерзлых грунтов. Специфика мерзлых засоленных грунтов связана как с большим содержанием легкорастворимых солей, так и с большим по сравнению с незасоленными грунтами количеством незамерзшей воды, ограничивающим несущую способность грунтов. Эти факторы обуславливают сложности инженерно-геологического проектирования в районах распространения мерзлых засоленных грунтов [31].

Отдельные классификации по степени засоленности для мерзлых грунтов имеются в ГОСТ 25100-2011 «Грунты. Классификация». В СП 11-114-2004 «Инженерные изыскания на континентальном шельфе для строительства морских нефтегазопромысловых сооружений» [24] отмечается, что засоленные грунты следует характеризовать степенью засоленности D_{sal} , которая представляет собой суммарное содержание легкорастворимых солей в % от массы сухого грунта при температуре $-1 \div -2$ °С. Достаточно детально проработан вопрос отнесения мерзлых грунтов к степени засоленности в СП 25.13330.2012 «Основания и фундаменты на вечномерзлых грунтах. Актуализированная

Таблица 6.7

Разновидности грунтов	Состояние грунта	Суммарное содержание легкорастворимых солей, % от массы сухого грунта (t = -1 ÷ -2 °C)		
		пески	пески	пески
Незасоленные	Твердомерзлые	0-0.05	0-0.15	0-0.2
Слабозасоленные	Пластичномерзлые	0.05-0.15	0.15-0.35	0.2-0.4
Среднезасоленные		0.15-0.3	0.35-0.6	0.4-0.6
Сильнозасоленные	Охлажденные	> 0.3	> 0.6	> 0.8

Таблица 6.6

Грунт по степени засоления	Среднее содержание легкорастворимых солей, % к массе сухого грунта, при соотношении содержания ионов Cl ⁻ и SO ₄ ²⁻		Возможность использования в качестве основания
	хлоридное и сульфатно-хлоридное засоление Cl ⁻ /SO ₄ ²⁻ >1	сульфатное, хлоридно-сульфатное и содовое засоление 0.3 ≤ Cl ⁻ /SO ₄ ²⁻ ≤1	
Слабозасоленный	от 0.3 до 1.0	от 0.3 до 0.5	Пригоден
Засоленный	от 1.0 до 5.0	от 0.5 до 2.0	Пригоден
Сильнозасоленный	от 5.0 до 8.0	от 2.0 до 5.0	Пригоден
Избыточно засоленный	св. 8.0	св. 5.0	Не пригоден

редакция СНиП 2.02.04.88» [26]. Под засоленностью в этом документе понимается наличие в мерзлом грунте воднорастворимых солей в таком количестве, которое существенно изменяет прочностные и деформационные свойства грунтов. Степень засоленности грунта предлагается определять по ГОСТ 25100-2011 как отношение массы солей к массе сухой навески грунта (включая массу содержащихся в нем солей). Засоленность мерзлых грунтов учитывается при расчете показателя концентрации порового раствора, который характеризует минерализацию поровой влаги. Концентрация порового раствора входит в формулу расчета начала замерзания грунта, от которой зависит поведение мерзлых грунтов под нагрузкой. При определении концентрации порового раствора учитывается влажность мерзлого грунта за счет незамерзшей воды, количество которой в мерзлых грунтах существенным образом влияет на их теплофизические, массообменные, прочностные, деформационные свойства [31].

Целевой анализ руководящих документов в отношении теоретической и практической разработанности такой значимой характеристики, как степень засоленности, на сегодняшний день выявил ряд проблемных вопросов:

1. До сих пор существуют различные подходы к рассмотрению показателя степени засо-

ленности.

2. Не утвержден единый набор методик лабораторного установления концентраций компонентов ионно-солевого состава водной вытяжки.

3. Предусмотренные ГОСТ 25100-2011 классификации содержат в себе понятие о химизме засоления, от которого зависят нормативные пределы засоленности, тогда как критерии для установления типа химизма засоления оставлены без внимания.

4. Отсутствие четкой границы между степенью засоленности легкорастворимыми солями и степенью засоленности среднерастворимыми солями.

5. В классификации разновидностей грунтов по степени засоления игнорируется содовый тип засоления грунтов (химизм засоления со значительной долей участия в составе воднорастворимых солей карбонат- и гидрокарбонат ионов), обуславливающий карбонатный и углекислотный виды агрессивности.

Проблемы нормативно-методического обеспечения понятия «степени засоленности».

Проблема № 1.

Методические вопросы засоленности грунтов рассматривалась в многочисленных пособиях по химическому анализу почв и грунтов

Аринушкиной, [1], [2], Трофимова, Королевой [13], Огородниковой [14], Растворовой с соавт. [17], Воробьевой [30] и др. Из международных документов, касающихся тематики, стоит отметить: Sol sampling and methods of Analysis [35], ASTM D4542-15 [33], BS 1377-3:1990 [34].

Исходя из большинства нормативных документов, оценку засоленности грунтов и их подразделение по степени засоленности следует производить по ГОСТ 25100. Согласно ГОСТ 25100-2011 «Грунты. Классификация» засоленность характеризуется общей суммой растворимых в воде веществ. И тут необходимо пояснить, что, когда мы говорим о количестве воднорастворимых солей в грунте, имеются в виду гипотетические соли, в которые можно связать отдельные аналитически определяемые ионы, переходящие в водную вытяжку при стандартно принятом в России соотношении грунт : вода = 1:5. Таким образом, под количеством воднорастворимых солей в грунте понимается сумма всех определяемых ионов (анионов и катионов), перешедших в водную вытяжку.

В некотором роде о степени засоленности дает представление такой показатель, как «плотный остаток». В классическом пособии Аринушкиной [2] для установления степени засоленности используется результат анализа водной вытяжки, а содержание воднорастворимых солей ассоциируется с величиной плотного (сухого) остатка водной вытяжки. Именно он эквивалентен понятию засоленности (D_{sal}) с точки зрения авторов учебного пособия «Лабораторные работы по грунтоведению» [13].

Таким образом, для определения общего солесодержания (суммы солей) в отечественной лабораторной практике принято основываться на измерении величины сухого (плотного) остатка, получаемого высушиванием определенного объема водной вытяжки из грунта до постоянной массы при $t=105^{\circ}$ (по ГОСТ 26425-85). Плотный остаток характеризует содержание в воде нелетучих растворенных веществ (минеральных и органических), температура кипения которых превышает 105–110 °С. По весу сухого остатка трудно судить о содержании солей в темноокрашенных вытяжках за счет присутствия воднорастворимых органических веществ, в этом случае для представления о солесодержании предлагается использовать показатель прокаленного остатка. Искажает представление о засолении по весу прокаленного остатка наличие в составе солей заметного количества хлорида кальция, хлорида и карбоната магния [2]. Теоретически

в засоленных грунтах, где растворимых органических веществ в вытяжках мало, сумма ионов должна быть равна сухому остатку. Тем не менее, если кристаллизованные соли содержат большое количество гидратной воды, с которой они с трудом расстаются при высушивании в режиме температуры 105–110 °С, то величина плотного остатка будет давать завышенный результат. Расхождение результата с суммой солей встречается также при значительном содержании в грунте коллоидных частиц. Существует и обратный эффект (занижение результата) при «классическом» гравиметрическом определении плотного остатка, когда при нагревании выпариваемой пробы теряется около 50 % массы содержащегося в пробе гидрокарбонат-иона за счет выделения углекислого газа. Величина плотного остатка по сравнению с суммой солей будет занижена и при высокой доле в составе солей хлорида магния, так как часть хлоридов в таких условиях теряется в результате гидролиза с образованием соляной кислоты, удаляющейся при выпаривании [2], [30].

Представление об общей концентрации солей дает также широко применяемый в полевых и лабораторных условиях кондуктометрический метод. Метод основан на измерении удельной электропроводности (удельного сопротивления) в поровой воде, полученной экстракцией из насыщенных паст, или в водной вытяжке, или измерением непосредственно в водонасыщенной пасте [4], [15], [19], [35]. Для водонасыщенных почв с влажностью более 14%, например, маршевых, стандартом ASTM D4542-15 [33] общее солесодержание предлагается измерять с помощью рефрактометра.

Таким образом, современное состояние нормативной базы не дает однозначного представления, о том, какой из перечисленных показателей следует понимать под степенью засоленности грунта.

Сегодня в почвоведении деление почв по степени засоления на основе плотного остатка практически не проводят [30]. В современной почвенной классификации России [12] засоленные почвы классифицируют по сумме солей и сумме токсичных солей. Сумма токсичных солей для целей инженерных изысканий малозначима. Наиболее информативным и корректным является определение всех макрокомпонентов водной вытяжки грунта (%) и их последующее суммирование, то есть общая сумма солей. Сумма массовых долей (%) основных воднорастворимых ионов может считаться сравнительно адекватным критерием засоленности легкорастворимыми солями.

Проблема № 2.

На сегодняшний день имеется широкий набор методик количественного анализа как общего содержания — величины, пригодной в качестве критерия установления собственно засоленности для решения вопроса о дальнейшей схеме работы, так и отдельных компонентов грунтовых вытяжек. Перечень показателей, используемых для расчета суммы солей, нормативными документами не установлен. Наиболее часто определяемыми, так называемыми макрокомпонентами водной вытяжки грунта являются: хлориды, сульфаты, воднорастворимые карбонаты и гидрокарбонаты (из анионов), кальций, магний, натрий, калий (из катионов). Возможно также нитратное засоление грунтов, а на кислотность (агрессивность грунтовых вод) может влиять содержание железа и алюминия, но обычно их величинами в водной вытяжке из грунта в сравнении с макрокомпонентами пренебрегают, определяя их содержание в грунтовых водах.

В настоящее время при лабораторных испытаниях грунтов для целей строительства используют государственные стандарты, разработанные для почв: ГОСТ 26423-85 «Почвы. Методы определения удельной электрической проводимости, рН и плотного остатка водной вытяжки» [4], ГОСТ 26424-85 «Почвы. Методы определения карбонатов и гидрокарбонатов в водной вытяжке» [5], ГОСТ 26425-85 «Почвы. Методы определения иона хлорида в водной вытяжке» [6], ГОСТ 26426-85 «Почвы. Методы определения иона сульфата в водной вытяжке» [7], ГОСТ 26427-85 «Почвы. Метод определения натрия и калия в водной вытяжке» [8], ГОСТ 26428-85 «Почвы. Методы определения кальция и магния в водной вытяжке» [9]. На проведение анализов в соответствии с вышеуказанными методами получают аттестат аккредитации грунтовые лаборатории. Этими же методами рекомендуются пользоваться при анализе водной вытяжки грунта в некоторых нормативно-методических документах, таких как СП 11-105-97 (часть 3) [22], СП 11-114-2004 [24], в Пособии к СНиП 2.02.01-83 [16].

Методы, перечисленные в ГОСТах на проведение почвенных исследований, являются «классическими», в целом достаточно просты, не требуют высокой квалификации лаборанта, оптимальны по трудозатратам и аппаратурному оформлению и исторически закрепились в отечественной лабораторной практике исследования грунтов. Так для почвенных изысканий разработаны государственные стандарты на следующие методы:

- ацидиметрический метод измерения карбонат- и бикарбонат ионов — определение карбонатной и общей щелочности. Метод основан на титровании водной вытяжки раствором серной кислоты;

- аргентометрический метод измерения хлорид-ионов. Метод основан на титровании хлорид-ионов раствором азотнокислого серебра;

- объемный метод измерения сульфат-ионов. Метод основан на титровании сульфат-ионов раствором хлористого бария в присутствии нитхромазо в качестве металл-индикатора;

- весовой метод измерения сульфат-ионов основан на его осаждении раствором хлористого бария и взвешивании прокаленного остатка. Содержание гипса принято также определять весовым методом, но в солянокислой вытяжке;

- комплексонометрический метод измерения ионов кальция и магния в одном объеме фильтрата по металл-индикатору кислотному хром темно-синему;

- пламенно-фотометрический метод измерения ионов натрия и калия. Метод основан на измерении интенсивности излучения катионов, вводимых в пламя в виде аэрозоля. В случае отсутствия возможности точных измерений определяется расчетным методом (по разности).

Все чаще в практике количественного химического анализа почв для определения концентраций анионов используется метод ионной хроматографии (IC), а для определения концентраций основных катионов — метод атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно связанной плазмой (ICP-AES), в которых, к сожалению, не всегда возможно избежать мешающего влияния других компонентов матрицы. Кроме того, методы не лишены таких недостатков, как дороговизна оборудования, расходных материалов и требуют высокого уровня квалификации специалистов [35]. Поэтому в качестве базовых они не могут быть предложены на данном этапе их развития и применения в нашей стране, хотя, безусловно, и не могут быть проигнорированы в качестве альтернативных.

В дополнение к отсутствию утвержденного перечня методик в контексте проблемы подчеркивается важность разработки единой схемы получения показателя степени засоленности.

Проблема № 3.

Предусмотренные ГОСТ 25100-2011 классификации содержат в себе понятие о химизме засоления, от которого зависят нормативные пределы засоленности. Между тем критерии для установления типа химизма засоления в

этом документе отсутствуют. Качественный характер засоления устанавливается по соотношению концентраций ионов Cl^- , SO_4^{2-} , HCO_3^- в водной вытяжке, выраженных в м-экв/100 г сухого грунта. В отечественной нормативно-методической литературе существует несколько разных вариантов соотношений анионов, соответствующих типам химизма засоления. Они приведены в учебнике Аринушкиной [2], монографии «Засоленные почвы России [11] и др. Из нормативных документов информация о критериях типа химизма засоления встречается в СН 449-72 «Указания по проектированию земляного полотна железных и автомобильных дорог» [21] и СП 121.13330.2012 «Аэродромы. Актуализированная редакция СНиП 32-03-96» [12]. Кажется вполне допустимым, что тип химизма может быть специфичным и тогда должен устанавливаться в соответствующих стандартах, используемых для разных целей проектирования. Однако, анализ существующей нормативной документации не вносит ясности, какими критериями следует руководствоваться для обоснования типа химизма засоления.

Проблема № 4.

Одна из проблем понятийного аппарата, на наш взгляд, заключается в недостаточно четко прописанной границе между засоленностью легкорастворимыми солями и среднерастворимыми солями.

Пособие по проектированию оснований зданий и сооружений к СНиП 2.02.01-83 [16] определяет степень засоленности полускальных грунтов как суммарное содержание легко- и среднерастворимых солей в % от массы абсолютно сухого грунта. В СП 11-105-97 «Инженерно-геологические изыскания для строительства. Часть 3. Правила производства работ в районах распространения специфических грунтов» [22] степень засоленности грунтов также сформулирована как минимальное суммарное содержание легко- и среднерастворимых солей в % от веса воздушно-сухого грунта

Актуализированным документом ГОСТ 25100-2011 «Грунты. Классификация» предусматривается дифференцировать грунты как в зависимости от степени засоленности легкорастворимыми солями, так и среднерастворимыми солями. Под среднерастворимыми солями в документе понимается гипс и ангидрит, следовательно, в последнем случае степень засоленности непосредственно связана с количеством гипса (ангидрита) (%). Следовательно, необходимо производить отдельно оценку по степени засоленности легкорастворимыми

солями и степени засоленности среднерастворимыми солями, эквивалентную содержанию гипса/ангидрита. Аналитически концентрация последних оценивается по переходу сульфат-ионов в солянокислую вытяжку. Представляется важным разграничивать понятия «степень засоленности легкорастворимыми солями» и «степень засоленности среднерастворимыми солями», так как напомним, что в ГОСТ приведен общий термин «степень засоленности грунта», рассчитываемый как отношение массы воднорастворимых солей в грунте к массе абсолютно сухого грунта. В случае оценки засоленности среднерастворимыми солями показатель степени засоленности уже точно не может быть определен как сухой остаток водной вытяжки.

Проблема № 5.

В классификации игнорируется содовый тип засоления грунтов (химизм засоления со значительной долей участия в составе воднорастворимых солей карбонат- и гидрокарбонат ионов). Из перечисленных нормативных документов он упоминается в СН 449-72 «Указания по проектированию земляного полотна железных и автомобильных дорог» [21] и СП 121.13330.2012 «Аэродромы. Актуализированная редакция СНиП 32-03-96» [25]. Содовым называется засоление при содержании в грунте ионов CO_3^{2-} и HCO_3^- свыше одной трети суммарного содержания ионов Cl^- и SO_4^{2-} . Между тем, содовое засоление обуславливает карбонатный и углекислотный виды агрессивности воды, значительно влияет на физические свойства грунта и должно требовать специальных мероприятий при проектировании.

Выводы:

Анализ современного состояния обеспеченности понятия степени засоленности грунта обнаружил ряд ключевых проблем. Развитие понятийного аппарата, методологических и методических подходов необходимо решать на базе отдельного государственного стандарта.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.

1. Аринушкина Е.В. Химический анализ почв и грунтов. М.: Изд-во МГУ, 1952. 240 с.
2. Аринушкина Е.В. Руководство по химическому анализу почв. М.: Изд-во МГУ, 1970. 487 с.
3. Брушков А.В. Засоленные мерзлые породы Арктического побережья, их происхождение и свойства. М.: Изд-во МГУ, 1998. 330 с.
4. ГОСТ 25100-2011 «Грунты. Классификация».
5. ГОСТ 26423-85 «Почвы. Методы определения удельной электрической проводимости,

рН и плотного остатка водной вытяжки».

6. ГОСТ 26424-85 «Почвы. Методы определения карбонатов и гидрокарбонатов в водной вытяжке».

7. ГОСТ 26425-85 «Почвы. Методы определения иона хлорида в водной вытяжке».

8. ГОСТ 26426-85 «Почвы. Методы определения иона сульфата в водной вытяжке».

9. ГОСТ 26427-85 «Почвы. Метод определения натрия и калия в водной вытяжке».

10. ГОСТ 26428-85 «Почвы. Методы определения кальция и магния в водной вытяжке».

11. Засоленные почвы России / [Е. И. Панкова, Л. А. Воробьева, И. М. Гаджиев и др.]; отв. ред. Л.Л. Шишов, Е.И. Панкова – М.: Академкнига, 2006, 853 с.

12. Классификация и диагностика почв России. Смоленск: Ойкумена, 2004. 342 с.

13. Лабораторные работы по грунтоведению. Под редакцией В.Т. Трофимова, В.А. Королева. М.: Высшая школа, 2008. 520 с.

14. *Огородникова Е.Н., Комиссарова Н.Н.* Химический анализ грунтов. М.: Изд-во МГУ, 1990. 159 с.

15. *Поздняков А.И.* Полевая электрофизика почв. М.: Издательство: Наука, 2001, 187 с.

16. Пособие по проектированию оснований зданий и сооружений (к СНиП 2.02.01-83). М.: Стройиздат, 1986. 415 с.

17. *Растворова О.Г., Андреев Д.П., Гагарина Э.И.* и др. Химический анализ почв. СПб: Изд-во СПбГУ, 1995. 263 с.

18. Руководство по инженерным изысканиям для строительства. М.: Стройиздат, 1982. 139 с.

19. Руководство по управлению засоленными почвами. Под редакцией Р. Варгаса, Е.И. Панковой, С.А. Балюка, П.В. Красильникова и Г.М. Хасанхановой. ФАО, 2017.

20. *Середин В.В.* К вопросу о прочности засоленных глинистых грунтов //Инженерная геология. 2014, № 1. С. 66–69.

21. СН 449-72 «Указания по проектированию земляного полотна железных и автомобильных дорог».

22. СП 11-105-97 «Инженерно-геологические изыскания для строительства. Часть 3. Правила производства работ в районах распространения специфических грунтов»

23. СП 32-104-98 «Указания по проектированию земляного полотна железных и автомобильных дорог».

24. СП 11-114-2004 «Инженерные изыскания на континентальном шельфе для строительства морских нефтегазопромысловых сооружений».

25. СП 121.13330.2012 «Аэродромы. Актуализированная редакция СНиП 32-03-96».

26. СП 25.13330.2012 «Основания и фундаменты на вечномерзлых грунтах. Актуализированная редакция СНиП 2.02.04.88».

27. СП 34.13330.2012 «Автомобильные дороги».

28. СП 22.13330.2016 «Основания зданий и сооружений. Актуализированная редакция СНиП 2.02.01-83».

29. СП 47.13330.2016 «Инженерные изыскания для строительства. Основные положения».

30. Теория и практика химического анализа почв. Под редакцией Л.А. Воробьевой. М.: ГЕОС, 2006. 400 с.

31. *Трофимов В.Т., Красилова Н.С.* Закономерности изменения степени и пространственного распределения засоленности грунтов многолетнемерзлых грунтовых толщ Арктического побережья России //Материалы докладов научно-практической конференции «Инженерно-геологические задачи современности и методы их решения», 2017. С. 8–16.

32. *Унайбаев Б.Ж.* Изыскание, проектирование и строительство на засоленных грунтах // Труды университета. Строительство. Караганда: КарГТУ. 2001. С. 59–61.

33. ASTM D4542-15 Standard Test Methods for Pore Water Extraction and Determination of the Soluble Salt Content of Soils by Refractometer.

34. BS 1377-3:1990 Methods of test for soil for civil engineering purposes.

35. Soil sampling and methods of analysis / edited by M.R. Carter and E.G. Gregorich. 2nd ed., 2006.

ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПЕСЧАНЫХ ГРУНТОВ САНКТ-ПЕТЕРБУРГА

© 2018 Семенова Л.К.

ОАО «Трест геодезических работ и инженерных изысканий (Трест ГРИИ)»,
ул. Зодчего Росси, 3, Санкт-Петербург, Россия, e-mail:trestgrii_lab@mail.ru

Приводятся результаты многолетних лабораторных определений физико-механических свойств песчаных грунтов территории Санкт-Петербурга. Делается вывод, что для точных определений показателей прочности песков необходимо использовать метод одноплоскостного среза.

Ключевые слова: песчаные грунты, величина сцепления, угол внутреннего трения, одноплоскостной срез.

Песчаные грунты на территории Санкт-Петербурга представлены достаточно широко: в таблице 1 представлены результаты гранулометрического состава песчаных грунтов различного генезиса верхнечетвертичного и голоценового возраста.

Методика проведения испытаний. В силу того, что в практике инженерных изысканий для строительства прочностные и деформационные свойства песчаных грунтов в подавляющем большинстве случаев определяются по данным статического зондирования, целью проведённых экспериментов стало определение этих показателей в лабораторных условиях. Для решения поставленной задачи были смоделированы образцы песчаных грунтов максимально близко приближенных к условиям грунтового массива, для чего изготавливались образцы песчаных грунтов с заданными значениями влажности и плотности. Уплотнение грунта до заданной плотности произво-

дилось в рабочих кольцах методом послойного трамбования (либо обжатием прессом). При этом рассчитывалась масса грунта, которая, а объёме рабочего кольца (V) обеспечит заданную плотность, по формуле:

$$m = V((1+w))/((1+e))\rho_s, \quad (1)$$

где W – влажность грунта;

e – заданный коэффициент пористости;

ρ_s – плотность частиц грунта.

Для получения заданного значения влажности в грунт добавляли расчётное количество воды Q см³, определённой по формуле:

$$Q = m(w_s - w)/(\rho_w (1+w)) \quad (2)$$

где m – масса грунта при влажности W ;

W_s – заданная влажность;

ρ_w – плотность воды.

Таблица 1

Гранулометрический состав песчаных грунтов Санкт-Петербурга

Грунт	Гранулометрический состав, в % к весу								
	2-1	1-0.5	0.5-0.25	0.25-0.1	0.1-0.05	0.05 - 0.01	0.01 - 0.005	<0.005	<0.002
Средней крупности	0,1	13,1	56,1	23,3	2,0	3,7	1,3	0,3	
Мелкий		3.7	16.1	56.2	10.0	9.9	2.6	1.0	
Пылеватый			4.1	37.9	19.8	26.3	7.7	4.2	
Пылеватый				6.8	44.2	35.2	7.8	6.0	
Пыль-песок пылеватый				3.7	29.1	50.3	10.7	6.2	2.0
Пыль-супесь пылеватая				0.1	10	57.2	27.4	11.2	4.0

Целью экспериментов было охарактеризовать весь спектр состояния песчаных грунтов по природной влажности (маловлажные, влажные, водонасыщенные) и плотности (рыхлые, средней плотности и плотные. В силу того, что каждой разновидности песчаных грунтов присущи специфические особенности, не для каждой разновидности удалось смоделировать заданные свойства из-за эффекта тиксотропии. Поэтому разброс состояний испытываемых грунтов для каждой гранулометрической разности был достаточно широк от одной до четырех. Кроме того, помимо классических песчаных грунтов нами были изучены два специфических грунта «пыль-песок пылеватый» и «пыль – супесь пылеватая». Данные грунты относятся к категории т.н. переходных и имеют достаточно широкое распространение на территории Санкт-Петербурга. Имея свое гранулометрическое состав полное доминирование фракции пыли с одной стороны и вариации от 1 до 4% глинистой фракции данная разновидность грунтов может классифицироваться либо как песок пылеватый, либо как супесь пылеватая. Природа пластичности заключается в специфическом наборе глинистых минералов, переменный состав которых во фракциях <0,002, 0,002-0,005 и обуславливает данное свойство [2].

Прочностные свойства песчаных грунтов. Приготовленные модельные образцы песчаных грунтов испытывали в сдвиговом приборе ВСВ-25 для получения прочностных характеристик. Нормальные давления задавались согласно таблице 5.1 ГОСТ 12248-2010 «Грунты. Методы лабораторного определения характеристик прочности деформируемости» [1]. Результаты испытаний представлены в таблицах 2-7.

При определении прочностных свойств песчаных грунтов методом одноплоскостного среза отмечаются следующие закономерности:

Величины сцепления (c) и угла внутреннего трения (φ) в песках различной крупности тем больше, чем больше их плотность сложения.

Величины сцепления (c) и угла внутреннего трения (φ) в меньшей степени зависят от влажности.

Для песков плотных ($e < 0.55-0.60$) значения угла внутреннего трения (φ) составляют максимально возможные величины до $41-45^\circ$ и выше, для песков рыхлых ($e > 0.7-0.8$) – $31-33^\circ$.

Значения $\varphi > 45$ вполне вероятны, т.к. подобные результаты были получены В.В. Охотным в 1934 г. при отработке методики срезных испытаний песчаных грунтов [5]. По современным представлениям природы прочности

песков В.И. Осипова [4], подобные значения – результат совместного действия как механического зацепления частиц между собой, так действия гидратных оболочек на песчаных частицах. Это совместное влияние отражается и на величине сцепления.

Величина сцепления для песков рыхлых незначительна, для песков плотных составляет $0.2-0.4 \text{ кг/см}^2$.

Для «переходных грунтов» характерны следующие особенности: для грунта «пыль-песок пылеватый» отмечаются высокие значения угла внутреннего трения ($\varphi = 41^\circ$) и особенно величины сцепления ($c = 0,353 \text{ кг/см}^2$), что обусловлено их природным уплотнением. Для грунта «пыль-супесь пылеватая» значения показателей $\varphi = 33^\circ$, $c = 0,043 \text{ кг/см}^2$ объясняется наличием в гранулометрическом составе испытываемых грунтов прежде всего большего количества фракции тонкой пыли (0.01-0.005) – в 2,5 раза, а также двукратное увеличение глинистой фракции. Именно это на наш взгляд даёт увеличение на порядок величины сцепления грунта.

Компрессионные испытания песчаных грунтов. Испытания грунтов проводились в приборах АСИС ступенчатой нагрузкой также в соответствии с действующим нормативным документом. Результаты испытаний грунтов представлены на таблицах 8-16 и рисунках 1-6.

Результаты компрессионных испытаний грунтов показали хорошую сходимость с результатами определения этих показателей с предыдущими исследованиями разных авторов и в целом, соответствующих региональным-нормативным и расчётным таблицам физико-механических свойств грунтов территории Санкт-Петербурга.

Так в интервале нормальных давлений от 0,1 до 0,2 МПа исследованные песчаные грунты показывают вполне закономерное увеличение модуля деформации с увеличением, как крупности, так и степени уплотнения в ряду «рыхлый-плотный». Например, песок средней крупности $14,5 \text{ МПа} \rightarrow 80 \text{ МПа}$; песок мелкий $14,5 \text{ МПа} \rightarrow 40 \text{ МПа}$; песок пылеватый $6,2 \rightarrow 80 \text{ МПа}$. Обращает на себя внимание два момента – и у песков средней крупности и у песков мелких в рыхлом сложении E в целом одинаковые (по крайней мере в области статистической погрешности определения). Это говорит о том, что и в первом и во втором случае крупность не играет определяющего значения, в отличие от плотности сложения.

Вторая особенность – более чем на порядок (в 13 раз) увеличение модуля деформации

Таблица 2

Физико-механические свойства песчаных грунтов – песок средней крупности

Разновидность	Физические свойства					Значения сопротивления сдвигу при нормальных давлениях кг/см ²				φ, град	с кг/см ²
	We, д.е	ρ, г/см ³	ρ _s , г/см ³	e	Sr	1	1.5	2	3		
Средней плотности маловлажный	0.050	1.77	2.65	0.580	0.25	0.975		1.95	2.866	43	0.039
Средней плотности влажный	0.159	1.94	2.65	0.583	0.72	0.941		1.857	2.777	43	0.022
Рыхлый маловлажный	0.119	1.62	2.65	0.830	0.38	0.784	0.975	1.442		33	0.08
Плотный влажный	0.119	1.98	2.65	0.498	0.63	1.323		2.374	3.324	45	0.339

Таблица 3

Физико-механические свойства песчаных грунтов – песок мелкий

Разновидность	Физические свойства					Значения сопротивления сдвигу при нормальных давлениях кг/см ²				φ, град	с кг/см ²
	We, д.е	ρ, г/см ³	ρ _s , г/см ³	e	Sr	1	1.5	2	3		
Рыхлый маловлажный	0.148	1.68	2.65	0.811	0.48	0.721	0.980	1.348		32	0.076
Средней плотности влажный	0.148	1.78	2.65	0.709	0.55	0.814		1.450	2.162	34	0.127
Плотный влажный	0.148	1.94	2.65	0.568	0.69	1.297		2.162	3.176	43	0.333
Рыхлый воздушно-сухой	0.002	1.51	2.65	0.758	0.01	0.668	0.996	1.331		34	0.004

Таблица 4

Физико-механические свойства песчаных грунтов – песок пылеватый

Разновидность	Физические свойства					Значения сопротивления сдвигу при нормальных давлениях кг/см ²				φ, град	с кг/см ²
	We, д.е	ρ, г/см ³	ρ _s , г/см ³	e	Sr	1	1.5	2	3		
Рыхлый влажный	0.155	1.70	2.65	0.801	0.51	0.678	0.996	1.336		33	0.016
Средней плотности влажный	0.155	1.90	2.65	0.611	0.67	0.784		1.408	2.082	33	0.127
Плотный водонасыщенный	0.155	2.03	2.65	0.508	0.81	1.264		2.264	3.180	44	0.320
Рыхлый воздушно-сухой	0.002	1.43	2.65	0.857	0.01	0.700	0.996	1.357		33	0.032

Таблица 5

Физико-механические свойства песчаных грунтов – песок пылеватый

Разновидность	Физические свойства					Значения сопротивления сдвигу при нормальных давлениях кг/см ²				φ, град	с кг/см ²
	We, д.е	ρ, г/см ³	ρ _s , г/см ³	e	Sr	1	1.5	2	3		
Рыхлый маловлажный	0.073	1.49	2.65	0.908	0.21	0.594	0.890	1.186		31	0.002
Средней плотности маловлажный	0.073	1.69	2.65	0.683	0.28	0.832	1.272	1.569		36	0.12
Плотный маловлажный	0.073	1.81	2.65	0.571	0.34	1.018		1.781	2.544	37	0.255

Таблица 6

Физико-механические свойства песчаных грунтов – пыль-песокпылеватый*

Разновидность	Физические свойства					Значения сопротивления сдвигу при нормальных давлениях кг/см ²				φ, град	с кг/см ²
	We, д.е	ρ, г/см ³	ρ _s , г/см ³	e	Sr	1	1.5	2	3		
Плотный водонасыщенный	0.194	2.04	2.65	0.551	0.93	1.166		2.162	2.883	41	0.353

*Грунт тиксотропный, раскатывается в жгут, но не по ГОСТ (5 мм), испытания проводились при природных плотности и влажности, по данным статического зондирования толща имеет высокие значения сопротивления под конусом зонда $q > 100$ кг/см²

Таблица 7

Физико-механические свойства песчаных грунтов – пыль-супесь пылеватая*

Разновидность	Физические свойства					Значения сопротивления сдвигу при нормальных давлениях кг/см ²				φ, град	с кг/см ²
	We, д.е	ρ, г/см ³	ρ _s , г/см ³	e	Sr	1	1.5	2	3		
Пыль – супесь пылеватая	0.236	2.05	2.70	0.644	0,99	0.403	0.666	1.018	1.386	33	0.043

*Грунт тиксотропный; раскатывается по ГОСТ, $W_L = 0.28$, $W_p = 0.21$, $I_p = 7$, $I_L = 0.37$, $C_b = 0.01$; испытания проводились при природной плотности и влажности; по данным статического зондирования толща имеет сопротивление под конусом зонда $q \geq 30$ кг/см².

Таблица 8

Физико-механические свойства песчаных грунтов – песок средней крупности

Грунт	Физические свойства					Гранулометрический состав, в % к весу								
	We, д.е	ρ, г/см ³	ρ _s , г/см ³	e	Sr	2-1	1-0.5	0.5 - 0.25	0.25 - 0.1	0.1 - 0.05	0.05 - 0.01	0.01 - 0.005	<0.005	<0.002
Рыхлый маловлажный	0.119	1.62	2.65	0.830	0.38	0,1	13,1	56,1	23,3	2,0	3,7	1,3	0,3	
Плотный влажный	0.119	1.98	2.65	0.498	0.63									

Таблица 9

Песок рыхлый, средней крупности.
Компрессионное сжатие

σ , МПа	Δh , мм	ϵ	E, МПа	m_0 , МПа ⁻¹	e
0.000	0.0	0.000			0.830
0.025	0.13	0.007	3.1	0.476	0.818
0.050	0.18	0.009	8.0	0.183	0.814
0.100	0.25	0.013	11.4	0.128	0.807
0.200	0.36	0.018	14.5	0.101	0.797
0.400	0.47	0.024	29.1	0.050	0.787
0.600	0.52	0.026	64.0	0.023	0.782
0.200	0.49	0.025	160.0	0.009	0.785
0.050	0.44	0.022	40.0	0.037	0.790
0.000	0.38	0.019	10.0	0.146	0.795

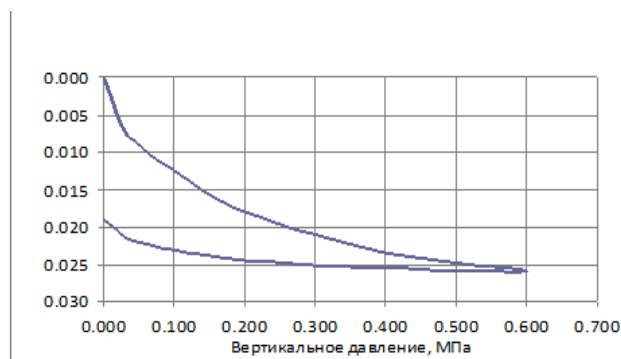


Рис. 1. Компрессионная кривая песка рыхлого, средней крупности.

Таблица 10

Песок плотный, средней крупности.
Компрессионное сжатие

σ , МПа	Δh , мм	ϵ	E, МПа	m_0 , МПа ⁻¹	e
0.000	0.0	0.000			0.500
0.025	0.03	0.002	13.3	0.090	0.498
0.050	0.05	0.003	20.0	0.060	0.496
0.100	0.07	0.004	40.0	0.030	0.495
0.200	0.09	0.005	80.0	0.015	0.493
0.400	0.13	0.007	80.0	0.015	0.490
0.600	0.15	0.008	160.0	0.008	0.489
0.200	0.15	0.008		0.000	0.489
0.050	0.15	0.008		0.000	0.489
0.000	0.14	0.007	40.0	0.030	0.490

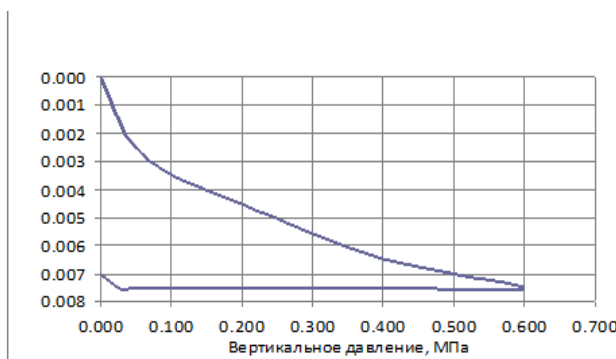


Рис. 2. Компрессионная кривая песка плотного, средней крупности.

Таблица 11

Физико-механические свойства песчаных грунтов – песок мелкий

Грунт	Физические свойства					Гранулометрический состав, в % к весу								
	We, д.е	ρ , г/см ³	ρ_s , г/см ³	e	Sr	2-1	1-0.5	0.5 - 0.25	0.25 - 0.1	0.1 - 0.05	0.05 - 0.01	0.01 - 0.005	<0.005	<0.002
Рыхлый маловлажный	0.148	1.68	2.65	0.811	0.48		3.7	16.1	56.2	10.0	9.9	2.6	1.0	
Плотный влажный	0.148	1.94	2.65	0.568	0.69									

Таблица 12

Песок рыхлый, мелкий.
Компрессионное сжатие

σ , МПа	Δh , мм	ϵ	E, МПа	m_0 , МПа ⁻¹	e
0.000	0.0	0.000			0.810
0.050	0.08	0.004	8.0	0.181	0.803
0.100	0.16	0.008	10.0	0.145	0.796
0.200	0.27	0.014	14.5	0.100	0.786
0.400	0.37	0.019	32.0	0.045	0.777
0.600	0.44	0.022	45.7	0.032	0.770
0.200	0.42	0.021	320.0	0.005	0.772
0.050	0.37	0.019	48.0	0.030	0.777
0.000	0.31	0.016	13.3	0.109	0.782

Таблица 13

Песок плотный, мелкий.
Компрессионное сжатие

σ , МПа	Δh , мм	ϵ	E, МПа	m_0 , МПа ⁻¹	e
0.000	0.0	0.000			0.570
0.050	0.03	0.002	26.7	0.047	0.568
0.100	0.08	0.004	16.0	0.078	0.564
0.200	0.12	0.006	40.0	0.031	0.561
0.400	0.17	0.009	64.0	0.020	0.557
0.600	0.21	0.011	80.0	0.016	0.554
0.200	0.19	0.010	320.0	0.004	0.555
0.050	0.15	0.008	60.0	0.021	0.558
0.000	0.09	0.005	13.3	0.094	0.563

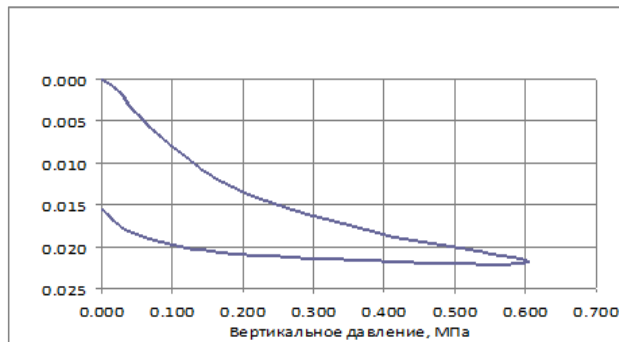


Рис. 3. Компрессионная кривая песка рыхлого, мелкого

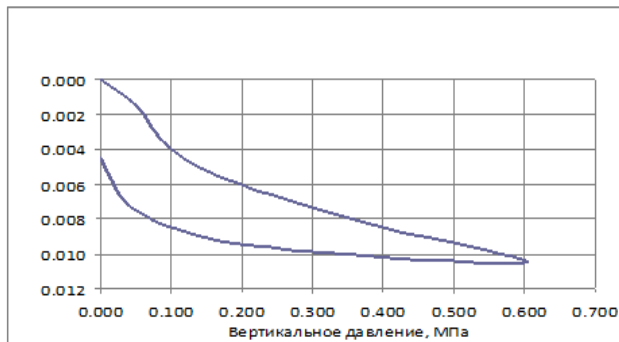


Рис. 4. Компрессионная кривая песка плотного, мелкого

Таблица 14

Физико-механические свойства песчаных грунтов – песок пылеватый

Грунт	Физические свойства					Гранулометрический состав, в % к весу								
	We, д.е	ρ_s , г/см ³	ρ_s , г/см ³	e	Sr	2-1	1-0.5	0.5 - 0.25	0.25 - 0.1	0.1 - 0.05	0.05 - 0.01	0.01 - 0.005	<0.005	<0.002
Рыхлый влажный	0.155	1.70	2.65	0.801	0.51			4.1	37.9	19.8	26.3	7.7	4.2	
Плотный водонасыщенный	0.155	2.03	2.65	0.508	0.81									

Таблица 15

Песок пылеватый, рыхлый. Компрессионное сжатие

σ , МПа	Δh , мм	ϵ	E, МПа	m_p , МПа ⁻¹	e
0.000	0.0	0.000			0.800
0.025	0.14	0.007	2.9	0.504	0.787
0.050	0.26	0.013	3.3	0.432	0.777
0.100	0.48	0.024	3.6	0.396	0.757
0.200	0.74	0.037	6.2	0.234	0.733
0.400	0.95	0.048	15.2	0.095	0.715
0.200	0.95	0.048			0.715
0.100	0.95	0.048			0.715
0.050	0.94	0.047	80.0	0.018	0.715
0.025	0.93	0.047	40.0	0.036	0.716
0.000	0.88	0.044	8.0	0.180	0.721

Таблица 16

Песок пылеватый, плотный. Компрессионное сжатие

σ , МПа	Δh , мм	ϵ	E, МПа	m_p , МПа ⁻¹	e
0.000	0.0	0.000			0.510
0.025	0.07	0.004	5.7	0.211	0.505
0.050	0.10	0.005	13.3	0.091	0.502
0.100	0.11	0.006	80.0	0.015	0.502
0.200	0.13	0.007	80.0	0.015	0.500
0.400	0.17	0.009	80.0	0.015	0.497
0.200	0.16	0.008	320.0	0.004	0.498
0.100	0.14	0.007	80.0	0.015	0.499
0.050	0.12	0.006	40.0	0.030	0.501
0.025	0.11	0.006	40.0	0.030	0.502
0.000	0.08	0.004	13.3	0.091	0.504

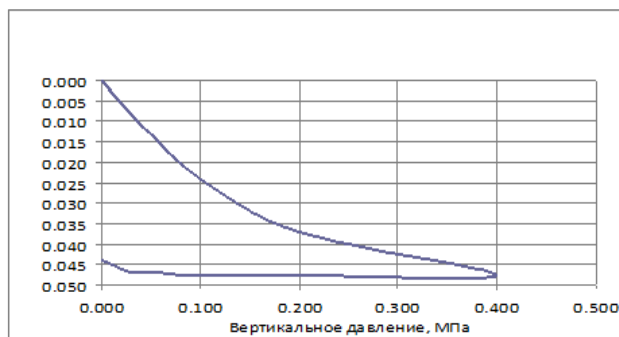


Рис. 5. Компрессионная кривая песка пылеватого, рыхлого

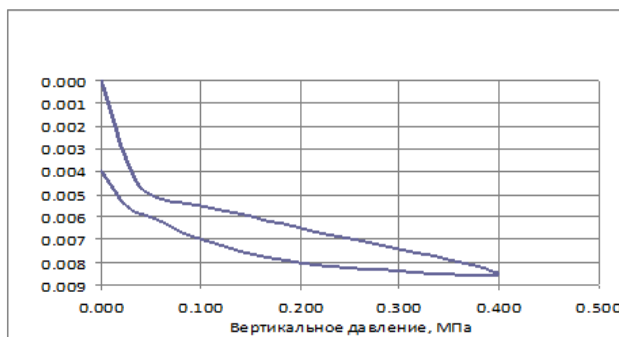


Рис. 6. Компрессионная кривая песка пылеватого, плотного

ции песка пылеватого в зависимости от плотности сложения. Совершенно очевидно, что исследованная разновидность грунта ведёт себя под нагрузкой иначе, чем типичный песок. На наш взгляд подобного рода «аномальное» уплотнение данного вида грунта ещё один более чем весомый аргумент для выделения этого грунта в отдельный таксон «пыль», о чем мы неоднократно говорили ранее [2, 3].

Выводы.

Проведённые исследования лабораторного определения прочностных и деформационных свойств песчаных грунтов разного гранулометрического типа, ставит под сомнение общепринятое правило отождествления угла естественного откоса песчаных грунтов с углом внутреннего трения. На наш взгляд это утверждение не всегда соответствует действительности. Данный показатель зависит от множества факторов и прежде всего от конечного гранулометрического состава (количества пылеватых и глинистых фракций) испытываемого образца.

Наиболее приемлемым и научно обоснованным методом определения прочностных свойств песчаных грунтов (не выходящим за пределы существующего нормативно-правового поля общефедерального ГОСТ) является метод одноплоскостного среза.

Ещё одним методом определения прочностных свойств песчаных грунтов может быть метод пенетрации, при соответствующих массовых статистически значимых подтверждениях его соответствия методу одноплоскостного среза.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 12248-2010 «Грунты. Методы лабораторного определения характеристик прочности деформируемости». М., Стандартинформ, 78 с.

2. *Здобин Д.Ю., Семенова Л.К.* Физико-механические свойства пылеватых грунтов озерно-ледниковых отложений Санкт-Петербурга. *Геоэкология*, 2010, № 2, с. 154–160.

3. *Здобин Д.Ю., Семенова Л.К.* О гранулометрическом анализе грунтов: классические и лазерные методы. *Геоэкология* № 6, 2011, с. 560-567.

4. *Осипов В.И.* Природа прочности песков. *Инженерная геология*, 1984, № 3, с. 7-19.

5. *Охотин В.В.* Трение и сцепление в грунтах. Сб. «Физико-механические свойства грунтов». Л., Изд. КУБУЧ, стр. 48-63..



Владимир Александрович Королёв

4 сентября исполнилось 70 лет замечательному учёному в области инженерной и экологической геологии, педагогу, посвятившему всю свою жизнь преподаванию нашей науки в Московском государственном университете имени М.В. Ломоносова, доктору геолого-минералогических наук, профессору Владимиру Александровичу Королеву.

Профессор Королёв в представлении не нуждается, о его вкладе в инженерную и экологическую геологию в нашей стране говорят опубликованные сотни статей и десятки монографий. Работы, посвящённые его научной биографии, регулярно печатаются в различных сборниках. Поэтому мы отойдём от канонов юбилейных здравиц и не будем подробно описывать его творческий путь: В.А. Королёв – это, прежде всего его научные работы. А наиболее выдающегося вклада в науку он добился именно в грунтоведении. Мы дадим слово его ученикам, ибо только они могут объективно оценить личность человека, тесно общаясь на протяжении многих лет...

«Работу под руководством Владимира Александровича всегда вспоминаю с самыми тёплыми чувствами! Считаю огромной удачей, что я писала у него и курсовую, и диплом, и кандидатскую диссертацию, т.к. во-первых, все предлагаемые им темы невероятно интересны, причем, чем больше над ними работаешь, тем больше увлекаешься. У него всегда масса самых удивительных идей, которыми он заражает... меня во всяком случае - точно! Во-вторых, он необыкновенно чуткий человек, всегда готов помочь с любым вопросом в любое время. Он работает со своими «подопечными» с полной самоотдачей. Такие личные воспоминания: когда писала у него курсовую на 3-м курсе, он предложил звонить ему домой, если будут сложности, и всегда отвечал и вечером, и в выходные... Ну да... было так интересно, что я работала и по вечерам, и в выходные. Кроме того, он учит правильно преподносить полученные результаты - писать статьи, выступать на конференциях. А своей диссертацией я целиком и полностью обязана только ему. Общение с ним всегда было бесценно. Если бы снова на 3-й курс - я пришла бы работать только к нему! Елена Алексеевна Федяева».

«Глубокоуважаемый Владимир Александрович!

От всей души поздравляю Вас с Юбилейным Днем рождения! Желаю Вам здоровья, благополучия, исполнения всех желаний и вообще всего самого наилучшего! Спасибо Вам большое за вложенный колоссальный труд при обучении бакалавров и магистров, подготовке кандидатов наук,

развитии фундаментальных основ инженерной и экологической геологии. Выбранные Вами уже существующие научные направления, критично пересматриваются и основательно перерабатываются, тем самым переходя на принципиально новый уровень. Развитие Вами новых научных идей в инженерной и экологической геологии способствует развитию нашей цивилизации в целом. Спасибо Вам большое за терпение, понимание и доброту! Спасибо Вам большое за формирование не только научных взглядов, но и ряда жизненных принципов! Мария Валерьевна Минина».

«Если бы не Владимир Александрович, моей диссертации не было бы в принципе... Осенью 2010 г. я просто пришла на кафедру «поузнавать», как становятся соискателем и на какую бы тему чего поизучать... А через месяц узнала, что мою тему включили в подтему кафедры... Да, вначале сильно негодовала за такое «самоуправство» с его стороны. А сейчас чрезвычайно благодарна своему руководителю за оперативность и настойчивость – не будь их, и результата бы не было. Особенно за настойчивость: к сожалению, отношусь к тому типу людей, которым без понуканий легче все бросить, чем самостоятельно стремиться к цели. А ведь ему с такими «взрослыми» соискателями, как я, тоже было непросто: нас же уже надо убедить, что та или иная идея/формулировка правильная... Аргумент, что «так считает руководитель», не работает... Спасибо ему за терпение и дальновидность! И ещё одна особенность работы с Владимиром Александровичем... Все тексты статей мне казались какими-то нестоящими до его редакции. Зато после прочтения В.А. – вполне себе научные статьи, хоть подвергались зачастую еле заметной корректировке. Наверно, это психосоматика ученика. Или мудрость учителя? Светлана Геннадьевна Медведева».

«Дорогой Владимир Александрович!

Поздравляю Вас с Днём рождения! Вы сформировали меня как исследователя, научили планировать и проводить эксперименты, ориентируясь на научную новизну исследования. Это большая удача в жизни, что у меня была возможность учиться у Вас целых семь лет: сначала при написании курсовой работы, затем магистерской и кандидатской диссертации. Я очень благодарна Вам за то, что Вы привили мне интерес к науке, за все навыки, которые заложены и сформированы именно Вами, благодаря которым я сейчас уверенно чувствую себя и развиваюсь в научной сфере. Восторгает Ваш интерес к разным сферам науки, высокий профессионализм и масштаб исследований: от изучения физико-химических свойств грунтов до создания грунтов - аналогов Луны и Марса. Вы очень трудолюбивый, требовательный, Вы большой учёный и Человек с большой буквы, и Вы всегда находите время, чтобы помочь! Желаю Вам крепкого здоровья, счастья, успехов и новых научных открытий! Любовь Бахтияровна Блудушкина»

Охотинское общество грунтоведов, редакция журнала «Грунтоведение» поздравляет Владимира Александровича Королева с Юбилеем, желает ему всего самого хорошего!

Охотинское общество грунтоведов
Редколлегия журнала «Грунтоведение»

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Здобин Дмитрий Юрьевич – кандидат геолого-минералогических наук, ассистент кафедры почвоведения и экологии почв института наук о Земле Санкт-Петербургского государственного университета, ученый секретарь Охотинского общества грунтоведов, Санкт-Петербург.

Русаков Алексей Валентинович – доктор географических наук, профессор кафедры почвоведения и экологии почв Института наук о Земле Санкт-Петербургского государственного университета, Санкт-Петербург.

Свертилов Алексей Алексеевич – кандидат геолого-минералогических наук, главный специалист экспертно-аналитического отдела АО НИЦ «Строительство» Научно-исследовательского института основания и подземных сооружений им. Н.М. Герсеванова («НИИОСП им. Н.М. Герсеванова»), Москва.

Семенова Лариса Константиновна – начальник грунтовой испытательной лаборатории ОАО «Трест геодезических работ и инженерных изысканий» («Трест ГРИИ»), Санкт-Петербург.

Симонова Юлия Владимировна – аспирант кафедры Почвоведения и экологии почв Института наук о Земле Санкт-Петербургского государственного университета, Санкт-Петербург.

Сдано в набор: 05.12.2018 Подписано в печать: 17.12.2018 Формат бумаги: 60x88 1/8
Цифровая печать. Тираж 100 экз.

Учредитель: Охотинское общество грунтоведов

Издатель: «Центр генетического грунтоведения»
190068, Санкт-Петербург, Лермонтовский пр., 7, лит. А

Отпечатано в типографии «СВЕН»