



НАУЧНЫЕ ШКОЛЫ МОСКОВСКОГО УНИВЕРСИТЕТА

ПЕСЧАНЫЕ ГРУНТЫ РОССИИ

Том 1



Издательство Московского университета

Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова
Геологический факультет

ПЕСЧАНЫЕ ГРУНТЫ РОССИИ

Том 1



Издательство Московского университета
2021

УДК 55+504+574+624(075.8)

ББК 26.3

П28

Монография подготовлена при поддержке гранта РФФИ № 17-05-00944а



Издание осуществлено при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований по проекту № 20-15-00035, не подлежит продаже

Авторы:

В. Т. Трофимов, В. А. Королев, С. Д. Балыкова, Т. В. Андреева, В. В. Фуникова, Н. С. Красилова, С. К. Николаева, Ю. К. Васильчук, Р. Г. Мотенко, Е. Н. Самарин, Е. А. Вознесенский, М. С. Чернов

П28 **Песчаные грунты России** : в 2 томах. Том 1 / В. Т. Трофимов [и др.] ; под ред. В. Т. Трофимова. — Москва : Издательство Московского университета, 2021. — 394, [2] с. : ил. — (Научные школы Московского университета).

ISBN 978-5-19-011576-5 (Т. 1)

ISBN 978-5-19-011575-8 (общ.)

Монография посвящена описанию инженерно-геологических особенностей немерзлых и мерзлых песчаных грунтов, распространенных на территории России. Включает восемь частей. В первой рассмотрено положение песков в общем многообразии грунтов, во второй — состав, строение и свойства немерзлых песчаных грунтов и типы слагаемых ими грунтовых толщ, в третьей — те же вопросы для сезонно- и многолетнемёрзлых толщ. Четвертая часть посвящена описанию генетического многообразия песчаных грунтов России, в пятой части рассмотрено пространственное распределение на территории России грунтовых толщ, в строении которых принимают участие пески. В шестой охарактеризованы методы управления состоянием и свойствами песчаных грунтов, в седьмой — опыт строительства на песчаных грунтовых толщах и использование песков как полезных ископаемых, в восьмой — песчаные массивы как компоненты эколого-геологических систем.

В первый том вошли части 1–3, во второй том — части 4–8.

Для широкого круга специалистов: инженер-геологов, геологов, географов, изыскателей, а также студентов и аспирантов, обучающихся по геологическим специальностям.

УДК 55+504+574+624(075.8)

ББК 26.3

Sand soils of Russia. In 2 volumes. Volume 1 / V. T. Trofimov et al. ; ed. by V. T. Trofimov. — Moscow : Moscow University Press, 2021. — 396 p.

The monograph describes the engineering geological peculiarities of frozen and nonfrozen sand soils of Russia territory. It consists of eight parts. The first one devoted to the position of sands among other rocks and soils, the second one describes composition, structure and properties of nonfrozen sand soils and types of soil strata, the third one — the same for seasonally frozen and permafrost soils. The fourth part is devoted to the description of the genetic diversity of sand soils of Russia, the fifth part considers the spatial distribution of soil strata containing sands in Russia. The sixth part characterized methods for controlling the state and properties of sand soils, the seventh describes construction experience on sand soil strata and using of sands as minerals. Sandy massifs as components of ecological geological systems are characterized in the eighth part.

The 1st volume includes parts 1–3, and the 2nd volume contains parts 4–8.

For various specialists: engineering geologists, geologists, geographers, explorers, geological students and postgraduates.

На обложке — фотография С. Д. Балыковой (пойменные пески реки Вилюй, Якутия, 2018).

ISBN 978-5-19-011576-5 (Т. 1)

ISBN 978-5-19-011575-8 (общ.)

© Коллектив авторов, 2021

© Издательство Московского университета, 2021

Оглавление

Об авторах	8
Введение (В. Т. Трофимов)	10
Часть I. Пески в общем многообразии грунтов	13
Глава 1. Морфологическое и генетическое многообразие грунтов (В. Т. Трофимов)	15
1.1. Общие позиции вопроса	15
1.2. Морфологическое и генетическое многообразие грунтов и его отражение в общей классификации грунтов	18
1.3. Основной закон грунтоведения	23
Литература к главе 1	24
Глава 2. Положение песков в многообразии грунтов (В. Т. Трофимов)	26
2.1. Содержание понятия «песчаный грунт», принятое в настоящей монографии	26
2.2. Положение песков в общей классификации грунтов	26
2.3. Песчаные грунты как вид в морфологическом разнообразии грунтов России	29
Литература к главе 2	31
Глава 3. Из истории инженерно-геологического изучения песков (В. А. Королев, В. Т. Трофимов)	32
3.1. Этапы изучения песчаных грунтов	32
3.2. Накопление начальных сведений о песках — I этап (XII–XVII века)	32
3.3. Начало регионального изучения песков Российской империи — II этап (XVIII век)	33
3.4. Специализированное изучение песков — III этап (XIX — начало XX века)	38
3.5. Комплексные исследования песков в советское время — IV этап (1917–1991 годы)	42
3.6. Современный период исследования песков — V этап (1991 год — настоящее время)	52
Литература к главе 3	56
Часть II. Состав, строение и свойства немерзлых песчаных грунтов и типы слагаемых ими грунтовых толщ	61
Глава 4. Компонентный состав немерзлых песчаных грунтов (С. Д. Балыкова, В. А. Королев, Е. Н. Самарин, В. Т. Трофимов)	63
4.1. Твердый компонент песчаных грунтов	63
4.1.1. Химический состав песков	63
4.1.2. Минеральный состав песков	72
4.1.3. Органическое вещество в песках	86
4.2. Жидкий компонент песков	88
4.2.1. Состав жидкого компонента в песках	88
4.2.2. Показатели количественного содержания жидкого компонента в песках	90
4.2.3. Виды воды различного энергетического состояния в песках	90
4.2.4. Пространственное распределение воды в песках	93
4.2.5. Термодинамика воды в песках	94
4.3. Газовый компонент песков	96
4.3.1. Состав газового компонента в песках	96
4.3.2. Показатели и количественное содержание газового компонента в песках	100
4.3.3. Состояние газов в песках	100
4.4. Биотическая составляющая песков — псаммофиты и псаммофилы	102
4.4.1. Микроорганизмы-псаммофилы в песках	102
4.4.2. Макроорганизмы-псаммофиты в песках	107
4.4.3. Макроорганизмы-псаммофилы в песчаных толщах	112
Литература к главе 4	117
Глава 5. Строение немерзлых песчаных грунтов (В. А. Королев, С. Д. Балыкова, С. К. Николаева, В. Т. Трофимов, М. С. Чернов)	123
5.1. Размер и морфология структурных элементов немерзлых песчаных грунтов	123
5.1.1. Размеры структурных элементов твердого компонента песчаных грунтов	123

5.1.2. Количественное соотношение элементов твердого компонента песчаных грунтов по размерам	131
5.1.3. Форма элементов твердого компонента песков	145
5.1.4. Поверхность твердых компонентов песчаных грунтов	165
5.2. Типы контактов и структурные связи в немерзлых песчаных грунтах	173
5.2.1. Контакты между структурными элементами песчаных грунтов	173
5.2.2. Структурные связи в песчаных грунтах	178
5.3. Структурно-пространственная организация песчаных грунтов	188
5.3.1. Количественное соотношение компонентов песчаных грунтов	188
5.3.2. Пустотность песчаных грунтов	192
5.3.3. О вопросах теоретической оценки плотности упаковки песчаных грунтов и факторах, ее определяющих	202
5.3.4. Структура, текстура и строение песчаных грунтов	210
Литература к главе 5	216
Глава 6. Свойства немерзлых песчаных грунтов (В. А. Королев, Т. В. Андреева, Е. А. Вознесенский, С. К. Николаева, Е. Н. Самарин, В. Т. Трофимов)	223
6.1. Химические свойства немерзлых песчаных грунтов	223
6.1.1. Растворимость твердого компонента песчаных грунтов	223
6.1.2. Кислотно-основные свойства песчаных грунтов	224
6.1.3. Химическая агрессивность песчаных грунтов	226
6.2. Физико-химические свойства немерзлых песчаных грунтов	227
6.2.1. Адгезионные свойства песчаных грунтов	227
6.2.2. Капиллярные свойства песчаных грунтов	228
6.2.3. Водопрочность песчаных грунтов	230
6.3. Физические свойства немерзлых песчаных грунтов	234
6.3.1. Плотностные свойства песчаных грунтов	234
6.3.2. Водопроницаемость и влагопроводность песчаных грунтов	239
6.3.3. Испаряющая способность песчаных грунтов	248
6.3.4. Газофизические и аэродинамические свойства песчаных грунтов	250
6.3.5. Теплофизические свойства песчаных грунтов	255
6.3.6. Электрические свойства песчаных грунтов	258
6.3.7. Коррозионная способность песчаных грунтов	259
6.3.8. Магнитные свойства песчаных грунтов	261
6.3.9. Радиационные свойства песчаных грунтов	262
6.4. Биотические свойства немерзлых песчаных грунтов	264
6.4.1. Биологическая активность песчаных грунтов	264
6.4.2. Биологическая поглотительная способность песчаных грунтов	266
6.4.3. Биоагрессивность и биокоррозия в песчаных грунтах	267
6.5. Физико-механические свойства немерзлых песчаных грунтов	270
6.5.1. Деформационные свойства песчаных грунтов	270
6.5.2. Соппротивление песчаных грунтов сдвигу	282
6.5.3. Динамические свойства песчаных грунтов	290
Литература к главе 6	297
Глава 7. Типы грунтовых толщ, в строении которых принимают участие немерзлые пески (В. Т. Трофимов, Н. С. Красилова)	302
7.1. О содержании понятия «грунтовая толща» и приказах обособления грунтовых толщ разных иерархических уровней	302
7.2. Систематика грунтовых толщ территории России	307
7.3. Типы грунтовых толщ с немерзлыми песками на территории России	308
Литература к главе 7	312
Часть III. Состав, строение и свойства многолетне- и сезонномёрзлых песчаных грунтов и типы слагаемых ими грунтовых толщ	315
Глава 8. Принципиальные отличия состава мерзлых песчаных грунтов (Ю. К. Васильчук, В. В. Фуникова, В. Т. Трофимов, Р. Г. Мотенко)	317

8.1. Лед как обязательная составляющая твердого компонента мерзлых песчаных грунтов	317
8.1.1. Лед в грунтах и структура кристаллов льда	317
8.1.2. Свойства льда	317
8.1.3. Содержание льда в мерзлых песчаных грунтах	321
8.1.4. Газогидраты в толщах мерзлых песчаных грунтов	322
8.2. Жидкий компонент мерзлых песчаных грунтов	324
8.2.1. Незамерзшая вода в мерзлых песчаных грунтах	324
8.2.2. Криопэги — отрицательно-температурные воды высокой минерализации в массивах мерзлых песчаных грунтов	329
8.3. Газовый компонент мерзлых песчаных грунтов	332
Литература к главе 8	335
Глава 9. Особенности строения мерзлых песчаных грунтов (В. А. Королев)	337
9.1. Криогенные связи как специфический тип структурных связей в мерзлых песчаных грунтах	337
9.2. Криогенные структуры и текстуры песчаных грунтов	342
9.2.1. Криогенные структуры песчаных грунтов	342
9.2.2. Криогенные текстуры песчаных грунтов	342
9.3. Строение мерзлых песчаных грунтов	348
Литература к главе 9	349
Глава 10. Свойства мерзлых песчаных грунтов (Р. Г. Мотенко, В. Т. Трофимов, Ю. К. Васильчук)	351
10.1. Физико-химические свойства мерзлых песчаных грунтов	351
10.1.1. Водопрочность мерзлых песчаных грунтов	351
10.2. Физические свойства мерзлых песчаных грунтов	353
10.2.1. Плотностные свойства мерзлых песчаных грунтов	353
10.2.2. Теплофизические свойства мерзлых песчаных грунтов	354
10.2.3. Электрические свойства мерзлых песчаных грунтов	364
10.2.4. Акустические свойства мерзлых песчаных грунтов	367
10.3. Физико-механические свойства мерзлых песчаных грунтов	369
10.3.1. Деформационные свойства мерзлых песчаных грунтов	369
10.3.2. Прочность мерзлых песчаных грунтов	376
10.3.3. Реологические свойства мерзлых песчаных грунтов	382
Литература к главе 10	389
Глава 11. Типы грунтовых толщ, в строении которых принимают участие многолетнемёрзлые пески (В. Т. Трофимов, Н. С. Красилова)	392
11.1. Дополнительные замечания к признакам обособления грунтовых толщ, в строении которых принимают участие многолетнемёрзлые пески	392
11.2. Типы грунтовых толщ с многолетнемёрзлыми песками на территории России	392
Литература к главе 11	394