



НАУЧНЫЕ ШКОЛЫ МОСКОВСКОГО УНИВЕРСИТЕТА

# ПЕСЧАНЫЕ ГРУНТЫ РОССИИ

Том 2



Издательство Московского университета



Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова  
Геологический факультет

# ПЕСЧАНЫЕ ГРУНТЫ РОССИИ

Том 2



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. И. Аверкина, Т. В. Андреева, В. В. Фуникова,  
Н. С. Красилова, Н. А. Ларионова, С. К. Николаева, Ю. К. Васильчук, Е. Н. Самарин, Л. Н. Хрусталев

**Песчаные грунты России:** в 2 томах. Том 2 / В. Т. Трофимов [и др.] ; под ред. В. Т. Трофимова. —  
П28 Москва : Издательство Московского университета, 2021. — 382, [2] с. : ил. — (Научные школы  
Московского университета).

ISBN 978-5-19-011577-2 (Т. 2)  
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 многолетнемерзлых 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 2 / V. T. Trofimov et al. ; ed. by V. T. Trofimov. — Moscow : Moscow University Press, 2021. — 384 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 1<sup>st</sup> volume includes parts 1–3, and the 2<sup>nd</sup> volume contains parts 4–8.

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

На обложке — фотография С. Д. Балыковой (дюнные массивы тукулана Махагта, Якутия, 2018).

ISBN 978-5-19-011577-2 (Т. 2)  
ISBN 978-5-19-011575-8 (общ.)

© Коллектив авторов, 2021  
© Издательство Московского университета, 2021

## Оглавление

|   |            |
|---|------------|
| Об авторах .....  | 8          |
| <b>Часть IV. Генетическое многообразие песчаных грунтов России .....</b>  | <b>11</b>  |
| <b>Глава 12. Состав, строение и свойства природных немерзлых песчаных грунтов различных генетических типов и возраста (Т. И. Аверкина, Т. В. Андреева, С. Д. Балыкова, С. К. Николаева, В. Т. Трофимов, В. В. Фуникова) .....</b> | <b>13</b>  |
| 12.1. Закономерности пространственного распределения на территории России четвертичных песчаных грунтов различного генезиса .....   | 13         |
| 12.2. Закономерности пространственного распределения на территории России песчаных грунтов дочетвертичного возраста .....   | 19         |
| 12.3. Четвертичные пески континентальных осадочных пород как грунты .....   | 23         |
| 12.3.1. Пески элювиальных образований как грунты .....  | 23         |
| 12.3.2. Пески делювиальных отложений как грунты .....   | 29         |
| 12.3.3. Пески пролювиальных отложений как грунты .....  | 32         |
| 12.3.4. Пески аллювиальных отложений как грунты .....   | 37         |
| 12.3.5. Пески озерных отложений как грунты .....  | 50         |
| 12.3.6. Пески ледниковых отложений как грунты .....   | 62         |
| 12.3.7. Пески лимногляциальных (ледниково-озерных) отложений как грунты .....   | 74         |
| 12.3.8. Пески флювиогляциальных (ледниково-речных) отложений как грунты .....   | 80         |
| 12.3.9. Пески эоловых отложений как грунты .....  | 96         |
| 12.3.10. Пески склоновых отложений как грунты .....   | 115        |
| 12.4. Пески континентальных осадочных формаций дочетвертичного возраста как грунты .....  | 118        |
| 12.5. Четвертичные пески морских механогенных осадочных пород как грунты .....  | 129        |
| 12.5.1. Пески волновых морских отложений как грунты .....   | 129        |
| 12.5.2. Пески подводно-флювиальных морских отложений как грунты .....   | 132        |
| 12.5.3. Пески тиховодных морских отложений как грунты .....   | 136        |
| 12.5.4. Пески Марино-гляциальных отложений как грунты .....   | 136        |
| 12.5.5. Состав и свойства морских песков разного генезиса морских бассейнов России .....  | 136        |
| 12.6. Пески морских осадочных формаций дочетвертичного возраста как грунты .....  | 146        |
| 12.7. Пески вулканогенно-осадочных образований как грунты .....   | 154        |
| 12.7.1. Генетические типы вулканогенно-осадочных образований .....  | 154        |
| 12.7.2. Пеплы эксплозивно-осадочных образований как песчаные грунты .....   | 157        |
| Литература к главе 12 .....   | 165        |
| <b>Глава 13. Состав, строение и свойства природных многолетнемерзлых песчаных грунтов различных генетических типов и возраста (Т. И. Аверкина, Ю. К. Васильчук, В. Т. Трофимов) .....</b>   | <b>172</b> |
| 13.1. Вводные замечания .....   | 172        |
| 13.2. Пески синкриогенных толщ как грунты .....   | 172        |
| 13.3. Пески эпикриогенных толщ как грунты .....   | 185        |
| 13.4. Пески диакриогенных толщ как грунты .....   | 196        |
| 13.5. Ледяные мономинеральные образования разного генезиса: сезонные и многолетние в толщах песчаных грунтов .....  | 201        |
| 13.5.1. Повторно-жильные льды в толщах песчаных грунтов .....   | 201        |
| 13.5.2. Пластовые льды в толщах песчаных грунтов .....  | 213        |
| 13.5.3. Сезонные ледяные мономинеральные образования в толщах песчаных грунтов .....  | 219        |
| Литература к главе 13 .....   | 221        |
| <b>Глава 14. Состав, строение и свойства антропогенных немерзлых песчаных грунтов, созданных в процессе строительной и другой производственной или хозяйственной деятельности (С. К. Николаева, Н. А. Ларионова) .....</b>        | <b>224</b> |
| 14.1. Насыпные песчаные грунты .....  | 224        |
| 14.1.1. Песчаные грунты земляных сооружений .....   | 224        |
| 14.1.2. Грунтовые песчаные подушки, обратные засыпки .....  | 225        |
| 14.1.3. Песчаные грунты отвалов горного производства .....  | 228        |

|   |            |
|---|------------|
| 14.1.4. Песчаные грунты строительных отвалов .....  | 230        |
| 14.2. Намывные песчаные грунты .....  | 231        |
| 14.2.1. Способы и технологии создания массивов намывных песчаных грунтов .....  | 231        |
| 14.2.2. Строение, свойства намывных песчаных грунтов и динамика их изменения во времени .....   | 232        |
| Литература к главе 14 .....   | 237        |
| <b>Часть V. Пространственное распределение а территории России грунтовых толщ, в строении которых принимают участие пески .....</b>   | <b>239</b> |
| <b>Глава 15. Закономерности пространственного распределения грунтовых толщ с песчаной составляющей на территории России (Н. С. Красилова, В. Т. Трофимов) .....</b>                                   | <b>241</b> |
| 15.1. Схема пространственного распределения мерзлых, талых и немерзлых грунтовых толщ с песчаной составляющей на территории России .....  | 241        |
| 15.2. Распространение грунтовых толщ, обособленных по литологическому составу .....   | 241        |
| 15.3. Особенности распространения грунтовых толщ с песчаной составляющей, состояние которых обусловлено фазовым состоянием воды в них .....   | 245        |
| 15.4. Особенности распространения грунтовых толщ с разной среднегодовой температурой .....  | 245        |
| 15.5. Особенности распространения грунтовых толщ разной степени увлажненности (льдистости) .....  | 248        |
| Литература к главе 15 .....   | 250        |
| <b>Глава 16. Пространственное распределение регионально развитых засоленных и едомных многолетнемёрзлых грунтовых толщ, содержащих пески (Н. С. Красилова, В. Т. Трофимов) .....</b>                  | <b>251</b> |
| 16.1. Пространственное распределение и особенности засоленных многолетнемёрзлых грунтовых толщ арктических районов России .....   | 251        |
| 16.2. О пространственной приуроченности и особенностях грунтовых толщ едомного (ледового) комплекса, содержащих пески .....   | 258        |
| Литература к главе 16 .....   | 261        |
| <b>Часть VI. Методы управления состоянием и свойствами песчаных грунтов .....</b>   | <b>263</b> |
| <b>Глава 17. Искусственное улучшение песчаных грунтов в условиях естественного залегания (Н. А. Ларионова, Л. Н. Хрусталёв) .....</b>   | <b>265</b> |
| 17.1. Методы улучшения немерзлых песчаных грунтов .....   | 265        |
| 17.1.1. Методы поверхностного улучшения немерзлых песчаных грунтов .....  | 265        |
| 17.1.2. Методы глубинного улучшения немерзлых песчаных грунтов .....  | 268        |
| 17.1.3. Армирование массивов немерзлых песчаных грунтов .....   | 281        |
| 17.2. Методы улучшения мерзлых песчаных грунтов .....   | 285        |
| 17.2.1. Классификационная схема приемов мелиорации песчаных грунтов в криолитозоне .....  | 285        |
| 17.2.2. Методы мелиорации мерзлых и оттаивших песчаных грунтов для целей строительства .....  | 286        |
| Методы охлаждения и замораживания грунтов .....   | 286        |
| Методы оттаивания мерзлых песчаных грунтов .....  | 290        |
| Закрепление оттаивших песчаных грунтов .....  | 293        |
| 17.2.3. Методы мелиорации мерзлых песчаных грунтов для целей разработки россыпных месторождений полезных ископаемых .....   | 294        |
| 17.2.4. Методы мелиорации мерзлых песчаных грунтов в криолитозоне для целей сельского хозяйства .....   | 298        |
| Литература к главе 17 .....   | 299        |
| <b>Глава 18. Методы преобразования природных и техногенных песчаных грунтов, перемещенных в процессе строительной или другой производственной деятельности (Н. А. Ларионова, Е. Н. Самарин) .....</b> | <b>301</b> |
| 18.1. Методы улучшения насыпных песчаных грунтов .....  | 301        |
| 18.2. Методы улучшения намывных песчаных грунтов .....  | 309        |
| Литература к главе 18 .....   | 320        |
| <b>Часть VII. Опыт строительства на песчаных грунтовых толщах и использование песков как полезных ископаемых .....</b>  | <b>323</b> |
| <b>Глава 19. Опыт строительства на песчаных грунтовых толщах (Т. И. Аверкина, Л. Н. Хрусталёв, В. В. Фуникова) .....</b>  | <b>325</b> |
| 19.1. Промышленное и гражданское строительство .....  | 325        |
| 19.2. Гидротехническое строительство .....  | 329        |

---

|  |            |
|--|------------|
| 19.3. Разработка месторождений полезных ископаемых .....   | 335        |
| 19.4. Строительство транспортных туннелей .....  | 341        |
| 19.5. Строительство на песчаных грунтовых толщах в криолитозоне .....  | 344        |
| Литература к главе 19 .....  | 356        |
| <b>Глава 20. Использование песков как полезных ископаемых (В. А. Королёв, С. К. Николаева) .....</b>                 | <b>359</b> |
| 20.1. Многоцелевое использование песков .....  | 359        |
| 20.2. Пески как строительные материалы .....   | 359        |
| 20.3. Пески как сырьё для силикатной промышленности .....  | 362        |
| 20.4. Пески для литейной промышленности .....  | 366        |
| Литература к главе 20 .....  | 369        |
| <b>Часть VIII. Песчаные массивы как компоненты эколого-геологических систем .....</b>                                | <b>371</b> |
| <b>Глава 21. Эколого-геологические особенности песчаных массивов (В. Т. Трофимов, В. А. Королёв) .....</b>           | <b>373</b> |
| 21.1. Общие позиции .....  | 373        |
| 21.2. Эколого-ресурсные особенности песчаных массивов .....  | 375        |
| 21.3. Эколого-геохимические особенности песчаных массивов .....  | 376        |
| 21.4. Эколого-геодинамические особенности песчаных массивов .....  | 376        |
| 21.5. Эколого-геофизические особенности песчаных массивов .....  | 377        |
| 21.6. Санитарно-гигиенические особенности песчаных массивов .....  | 377        |
| Литература к главе 21 .....  | 377        |
| <b>Глава 22. Типы природных эколого-геологических систем песчаных массивов (В. Т. Трофимов, В. А. Королёв) .....</b> | <b>379</b> |
| Литература к главе 22 .....  | 382        |