

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова
КЛАССИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТСКИЙ УЧЕБНИК



ГРУНТОВЕДЕНИЕ



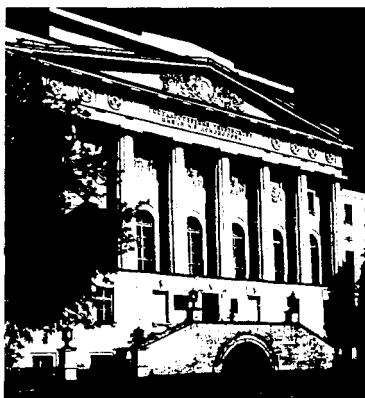
Серия
«КЛАССИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТСКИЙ
УЧЕБНИК»

основана в 2002 году по инициативе ректора

МГУ им. М.В. Ломоносова,
академика РАН В.А. Садовниченко

и посвящена

250-летию
Московского университета



КЛАССИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТСКИЙ УЧЕБНИК

Редакционный совет серии

Председатель совета
ректор Московского университета
В.А. Садовничий

Члены совета:

Виханский О.С., Голиченков А.К., Гусев М.В.,
Добреньков В.И., Донцов А.И.,
Засурский Я.Н., Зинченко Ю.П. (ответственный секретарь)
Камзолов А.И. (ответственный секретарь),
Карпов С.П., Касимов Н.С., Колесов В.П.,
Лободанов А.П., Лунин В.В., Лупанов О.Б., Мейер М.С.,
Миронов В.В. (заместитель председателя),
Михалев А.В., Моисеев Е.И., Пущаровский Д.Ю.,
Раевская О.В., Ремнева М.Л., Розов Н.Х.,
Салецкий А.М. (заместитель председателя),
Сурин А.В., Тер-Минасова С.Г.,
Ткачук В.А., Третьяков Ю.Д., Трухин В.И.,
Трофимов В.Т. (заместитель председателя),
Шоба С.А.



МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В. ЛОМОНОСОВА

**В.Т. Трофимов, В.А. Королев,
Е.А. Вознесенский, Г.А. Голодковская,
Ю.К. Васильчук, Р.С. Зиангиров**

ГРУНТОВЕДЕНИЕ

Под редакцией В.Т. Трофимова

6-е издание, переработанное и дополненное

Рекомендовано
Министерством образования Российской Федерации
в качестве учебника
для студентов высших учебных заведений,
обучающихся по геологическим специальностям



ИЗДАТЕЛЬСТВО
МОСКОВСКОГО
УНИВЕРСИТЕТА

МОСКВА
2005

ИЗДАТЕЛЬСТВО
«НАУКА»

УДК 55; 624.131
ББК 26.3
Г90

**Федеральная целевая программа «Культура России»
(подпрограмма «Поддержка полиграфии и книгоиздания России»)
Издание осуществлено при финансовой поддержке ОАО «Газпром»**

*Печатается по решению Ученого совета
Московского университета*

Рецензенты:

кафедра грунтоведения и инженерной геологии Санкт-Петербургского государственного университета (зав. кафедрой доцент *В.Г.Зайончек*); кафедра инженерной геологии Московского государственного геолого-разведочного университета (зав. кафедрой, профессор *В.В.Пендин*); доктор геолого-минералогических наук, профессор, академик РАЕН *В.В.Баулин*

Грунтоведение/Трофимов В.Т., Королев В.А., Вознесенский Е.А.,
Г90 Голодковская Г.А., Васильчук Ю.К., Зиангиров Р.С. Под ред. В.Т.Трофимова. — 6-е изд., переработ. и доп. — М.: Изд-во МГУ, 2005. — 1024 с.
(Классический университетский учебник)

ISBN 5-211-04848-2

В учебнике описаны теоретико-методические основы грунтоведения, его положение в системе геологических наук, состав и строение, химические, физико-химические, физические, биотические и физико-механические свойства грунтов. Охарактеризованы природные и техногенные скальные, дисперсные и мерзлые грунты, современные представления о формировании состава, строения, состояния и свойств магматических, метаморфических, осадочных, криогенных и техногенных грунтов, а также общие представления о массивах грунтов и особенностях разных их типов.

Для студентов, аспирантов, а также широкого круга специалистов-геологов, инженер-геологов, изыскателей, механиков, связанных с изучением грунтов.

УДК 55; 624.131
ББК 26.3

© В.Т.Трофимов, В.А.Королев, Е.А.Вознесенский, Г.А.Голодковская, Ю.К.Васильчук, Р.С.Зиангиров, 2005

© Издательство Московского университета, 2005

© МГУ им. М.В.Ломоносова, художественное оформление, 2005

ISBN 5-211-04848-2

Оглавление

Предисловие (В.А.Садовничий).....	5
Предисловие авторов.....	6
Введение.....	8

Часть I

СОДЕРЖАНИЕ И СТРУКТУРА ГРУНТОВЕДЕНИЯ И ЕГО ПОЛОЖЕНИЕ В СИСТЕМЕ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ НАУК

Глава 1. Теоретико-методологические основы грунтоведения.....	13
1.1. Определение грунтоведения как науки. Объект и предмет грунтоведения.....	13
1.2. История развития содержания термина «грунт».....	16
1.3. Этапы развития грунтоведения.....	20
1.4. Типы задач и систем, исследуемых в грунтоведении.....	26
1.5. Типы показателей и классификаций в грунтоведении и вопросы классифицирования свойств грунтов.....	29
1.6. Содержательные задачи грунтоведения.....	37
1.7. Методологические положения и основной закон грунтоведения.....	40
Историко-геологический подход — основа изучения грунтов.....	40
«Генезис грунтов» и «генезис свойств грунтов».....	51
Основной закон грунтоведения.....	54
1.8. О моделях формирования свойств грунтов.....	55
1.9. Научный метод грунтоведения.....	67
1.10. Структура грунтоведения как науки.....	68
Литература.....	70
Глава 2. Положение грунтоведения в системе геологических наук.....	71
2.1. Грунтоведение в системе теоретического геологического знания.....	71
2.2. Грунтоведение в системе практического геологического знания.....	73
2.3. Связь грунтоведения с естественными, техническими и социально-экономическими науками.....	75
Литература.....	78

Часть II

СОСТАВ ГРУНТОВ

Глава 3. Твердая компонента грунтов.....	79
3.1. Подразделение твердой компоненты при инженерно-геологическом изучении горных пород.....	79
3.2. Строение и свойства первичных силикатов.....	83
Природные силикаты.....	83
Искусственные силикаты.....	89
3.3. Строение и свойства простых солей.....	90
Галоиды.....	90
Сульфаты.....	91
Карбонаты.....	92
Фосфаты, арсенаты, бораты.....	92
3.4. Строение и свойства сульфидов и металлических соединений.....	93
3.5. Строение и свойства глинистых минералов.....	95
Структурные особенности и свойства глинистых минералов.....	95
Природные ассоциации глинистых минералов в грунтах.....	111
3.6. Органическое вещество и органоминеральные комплексы.....	113
Происхождение, содержание и распространение органического вещества.....	113
Состав и строение органического вещества.....	116

Свойства и функции гуминовых веществ.....	121
Органоминеральные комплексы.....	121
3.7. Строение и свойства льда и газогидратов.....	122
Лед в грунтах и структура кристаллов льда.....	122
Свойства льда.....	124
Содержание льда в грунтах.....	126
Газогидраты в грунтах.....	128
Литература.....	130
Глава 4. Жидкая компонента грунтов.....	131
4.1. Состав и структура жидкой компоненты грунтов.....	131
4.2. Показатели количественного содержания жидкой компоненты в грунтах.....	135
4.3. Классификация и свойства воды разных видов жидкой компоненты грунтов.....	137
4.4. Показатели энергетического состояния и содержания различных категорий воды в грунтах.....	143
Влажностные показатели.....	144
Термодинамические показатели.....	148
4.5. Влияние воды жидкой компоненты на консистенцию грунтов.....	150
4.6. Влияние водных растворов на свойства грунтов.....	155
Литература.....	157
Глава 5. Газовая компонента грунта.....	157
5.1. Происхождение и состав газов в грунтах.....	157
Газы природного происхождения.....	157
Газы техногенного происхождения.....	164
5.2. Показатели содержания газов в грунтах.....	165
5.3. Состояние газов в грунтах.....	166
5.4. Влияние газов на свойства грунтов.....	169
Литература.....	171
Глава 6. Биотическая составляющая грунтов.....	171
6.1. Видовой состав живых организмов в грунтах.....	172
Состав микроорганизмов в грунтах.....	172
Состав макроорганизмов в грунтах.....	174
6.2. Количество и условия существования биотической составляющей в грунтах.....	180
Количество биотической составляющей.....	180
Условия существования микроорганизмов в грунтах.....	183
Условия существования макроорганизмов в грунтах.....	186
6.3. Влияние жизнедеятельности биоты на состав, строение, состояние и свойства грунтов.....	191
Влияние микроорганизмов на грунты.....	192
Влияние макроорганизмов на грунты.....	196
Литература.....	198

Часть III

СТРОЕНИЕ ГРУНТОВ

Глава 7. Морфология структурных элементов грунтов.....	199
7.1. Размер структурных элементов твердой компоненты.....	199
7.2. Количественное соотношение элементов твердой компоненты.....	201
Гранулометрический и микроагрегатный состав грунтов.....	201
Гранулометрические классификации грунтов.....	205
7.3. Форма элементов твердой компоненты.....	208
Форма первичных структурных элементов.....	209
Форма агрегатов частиц.....	215
Количественная оценка формы частиц и агрегатов.....	217
7.4. Поверхность твердых компонентов грунта.....	219
Межфазная граница «твердый компонент—газ».....	219

Межфазная граница «твердый компонент—жидкость»	223
Межфазная граница между твердыми компонентами	229
Межфазные границы с участием биоты	231
7.5. Взаимосвязь минерального состава и дисперсности грунтов	231
Литература	233
Глава 8. Связи между структурными элементами грунтов	233
8.1. Контакты между структурными элементами грунтов	234
Типы и форма контактов частиц в газовой среде	234
Типы и форма контактов частиц с участием жидкости	237
Типы и форма твердофазовых контактов	243
8.2. Структурные связи в грунтах	244
Химические структурные связи	244
Физические структурные связи	244
Физико-химические структурные связи	248
Биотические (биогенные) структурные связи	252
8.3. Теория контактных взаимодействий в грунтах	253
Литература	258
Глава 9. Структурно-пространственная организация грунтов	259
9.1. Количественное соотношение компонентов грунта	259
Расчет соотношения компонентов грунта	259
Методы графического анализа соотношения компонентов	260
Особенности компонентных составов грунтов	262
9.2. Пустотность грунтов	264
Понятие о пустотности грунтов	264
Поровая пустотность грунтов	265
Морфология пор и приуроченность к структурным элементам грунтов	266
Трещинная пустотность грунтов	268
9.3. Понятие о строении, структуре и текстуре грунтов	271
Определение строения, структуры и текстуры грунтов	271
Подразделение структур и текстур в грунтоведении	274
9.4. Строение скальных магматических грунтов	274
Структуры магматических грунтов	274
Текстуры магматических грунтов	277
9.5. Строение скальных метаморфических грунтов	278
Структуры метаморфических грунтов	278
Текстуры метаморфических грунтов	280
9.6. Строение скальных осадочных цементированных грунтов	280
Структуры осадочных цементированных грунтов	280
Текстуры осадочных цементированных грунтов	281
9.7. Строение дисперсных (обломочных) грунтов	281
Строение крупнообломочных грунтов	281
Строение песчаных грунтов	282
Строение пылеватых (лёссовых и лёссовидных) грунтов	284
Строение глинистых грунтов	285
9.8. Строение мерзлых магматических, метаморфических и осадочных грунтов	290
Структуры мерзлых грунтов	290
Текстуры мерзлых грунтов	292
Литература	294

Часть IV
СВОЙСТВА ГРУНТОВ

Глава 10. Химические свойства грунтов	296
10.1. Химические реакции и равновесия в грунтах	296
10.2. Растворимость грунтов	298

10.3. Химическая поглотительная способность грунтов	303
10.4. Кислотно-основные свойства грунтов	304
10.5. Химическая агрессивность грунтов	305
Литература	309
Глава 11. Физико-химические свойства грунтов	310
11.1. Адсорбционные свойства	310
11.2. Ионообменные свойства	315
11.3. Адгезионные свойства и липкость грунтов	319
Адгезия в грунтах	319
Липкость грунтов	320
11.4. Диффузионные свойства	324
11.5. Осмотические свойства	329
11.6. Капиллярные свойства	332
11.7. Набухаемость грунтов	336
11.8. Усадочность грунтов	345
11.9. Водопрочность грунтов	351
Размокаемость грунтов	352
Размягчаемость грунтов	355
Размываемость грунтов	356
Литература	361
Глава 12. Физические свойства грунтов	362
12.1. Плотностные свойства грунтов	362
Плотность твердых частиц грунта	362
Плотность грунта	366
Плотность скелета грунта	366
Использование показателей плотностных свойств для расчета пористости и других характеристик грунта	368
12.2. Гидрофизические свойства грунтов	369
Влагоемкость, влагоотдача и водопоглощение грунтов	369
Водопроницаемость грунтов	371
Влагопроводность в ненасыщенных грунтах	377
Термовлагопроводность грунтов	381
12.3. Газофизические свойства грунтов	386
Газопроницаемость грунтов	386
Диффузия газов в грунтах	389
Испаряемость влаги в грунтах	390
Аэродинамические свойства грунтов	392
12.4. Теплофизические свойства грунтов	395
Теплоемкость грунтов	396
Теплопроводность грунтов	399
Температуропроводность грунтов	402
Термическое расширение грунтов	403
Морозостойкость грунтов	404
12.5. Электрические свойства грунтов	405
Электропроводность грунтов	406
Поверхностная проводимость грунтов	410
Диэлектрическая проницаемость грунтов	416
12.6. Электрокинетические свойства грунтов	419
Понятие об электрокинетических явлениях	419
Электроосмос в грунтах	420
Электрофорез в грунтах	422
Электрокинетические явления второго рода в грунтах	423
Применение электрокинетических явлений в грунтах	424

12.7. Электрохимические свойства грунтов	426
Коррозионная способность грунтов	426
12.8. Магнитные свойства грунтов	430
Природа магнитных свойств грунтов	430
Магнитные свойства компонентов грунта.....	433
Магнитная восприимчивость грунтов	434
Остаточная намагниченность грунтов.....	435
Влияние магнетизма глинистых грунтов на их строение и свойства.....	436
12.9. Радиационные свойства грунтов	439
Понятие о радиоактивности.....	439
Естественная радиоактивность грунтов	442
Искусственная радиоактивность грунтов	447
Литература.....	450
Глава 13. Биотические свойства грунтов	450
13.1. Биологическая активность грунтов	451
13.2. Биологическая поглотительная способность грунтов	453
13.3. Биоагрессивность и биокоррозия в грунтах	456
Литература.....	458
Глава 14. Физико-механические свойства грунтов	458
14.1. Основные понятия о напряжениях и деформациях в грунтах.....	459
Виды напряжений в грунтах.....	459
Виды деформаций в грунтах.....	460
Связь между напряжениями и деформациями в грунтах	461
14.2. Деформационные свойства грунтов	464
Упругие свойства грунтов	464
Компрессионная сжимаемость грунтов.....	470
Просадочность – специфическое деформационное свойство грунтов	483
14.3. Прочность грунтов	487
Общие положения.....	487
Сопrotивление грунтов одноосному сжатию.....	497
Сопrotивление грунтов одноосному растяжению	503
Сопrotивление грунтов сдвигу	505
14.4. Реологические свойства грунтов	512
Общие положения.....	512
Ползучесть грунтов.....	514
Релаксация напряжений в грунтах.....	525
Длительная прочность грунтов.....	526
14.5. Динамические свойства грунтов	529
Общие положения.....	529
Поведение грунтов при вибрационных воздействиях	533
Поведение грунтов при импульсных воздействиях.....	550
Разжижаемость грунтов.....	552
Литература.....	559
Глава 15. Корреляция между показателями состава и свойств грунтов. Нормативные и расчетные показатели.....	560
15.1. Корреляция между показателями состава и свойств грунтов	560
15.2. Нормативные и расчетные показатели.....	565
15.3. Инженерно-геологический элемент как структурная единица массива, применительно к которому вычисляются нормативные и расчетные показатели.....	566
Литература.....	571

Часть V

ХАРАКТЕРИСТИКА ГРУНТОВ РАЗЛИЧНЫХ КЛАССОВ

Глава 16. Общая классификация грунтов	572
16.1. Содержание, назначение и типы созданных общих классификаций грунтов.....	572
16.2. Принятый подход к составлению общей классификации грунтов.....	584
16.3. Общая классификация грунтов.....	585
Литература.....	591
Глава 17. Класс природных скальных грунтов	591
17.1. Скальные грунты нерастворимые.....	591
17.2. Полускальные грунты нерастворимые.....	606
17.3. Скальные и полускальные растворимые грунты.....	611
Литература.....	618
Глава 18. Класс природных дисперсных грунтов	618
18.1. Несвязные грунты.....	618
Крупнообломочные несвязные грунты.....	619
Песчаные несвязные грунты.....	624
18.2. Связные грунты.....	631
Минеральные глинистые и пылеватые (лёссовые) связные грунты.....	631
Пылеватые (лёссовые) грунты.....	632
Глинистые грунты.....	639
Органоминеральные связные грунты.....	644
Илы.....	644
Сапропелевые грунты.....	650
Заторфованные грунты.....	652
Органические связные грунты.....	653
Торфяные грунты.....	653
Литература.....	661
Глава 19. Класс природных мерзлых грунтов	661
19.1. Мерзлые скальные ледоминеральные грунты.....	662
19.2. Мерзлые дисперсные ледоминеральные—органоледяные грунты.....	677
Мерзлые дисперсные ледоминеральные и минерально-ледяные грунты.....	677
Мерзлые дисперсные органоминерально-ледяные и органоледяные грунты.....	692
19.3. Мерзлые ледяные грунты.....	699
Литература.....	713
Глава 20. Царство техногенных (искусственных) грунтов	713
20.1. Класс скальных и полускальных техногенных (искусственных) грунтов.....	714
Скальные и полускальные инъекционно закрепленные грунты.....	714
Скальные и полускальные термически упрочненные грунты.....	717
Скальные и полускальные техногенно ухудшенные грунты.....	720
Полускальные антропогенно образованные грунты.....	720
20.2. Класс дисперсных техногенных (искусственных) грунтов.....	721
Несвязные техногенные грунты.....	721
Связные техногенные грунты.....	725
20.3. Класс мерзлых техногенных (искусственных) грунтов.....	730
Литература.....	732

Часть VI

СОВРЕМЕННЫЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ О ФОРМИРОВАНИИ СОСТАВА,
СТРОЕНИЯ, СОСТОЯНИЯ И СВОЙСТВ ГРУНТОВ
И ХАРАКТЕРИСТИКА ОСНОВНЫХ ИХ ГЕНЕТИЧЕСКИХ ГРУПП

Глава 21. Главнейшие факторы формирования состава, строения и свойств грунтов	733
21.1. Исходный состав расплава или выветривающихся пород.....	733
21.2. Способ формирования осадка или породы.....	735
21.3. Температура.....	736

21.4. Давление.....	738
21.5. Подземные воды и поровые растворы.....	739
21.6. Физико-химические условия среды	740
21.7. Фактор времени.....	741
Литература.....	742
Глава 22. Главные закономерности формирования свойств грунтов разных генетических классов.....	742
22.1. Магматические грунты.....	742
22.2. Метаморфические грунты	747
22.3. Осадочные грунты.....	751
Стадийность формирования осадочных грунтов.....	751
Образование исходного материала при выветривании	751
Перенос и отложение осадочного материала	753
Преобразование осадка в породу (диагенез)	755
Постдиагенетические преобразования	756
Некоторые особенности формирования свойств глинистых грунтов при литогенезе	760
Формирование просадочных свойств лёссовых грунтов.....	761
Особенности формирования карбонатных, галоидных и кремнистых грунтов и их свойств	771
Карбонатные грунты.....	771
Галоидные грунты	773
Кремнистые грунты.....	774
22.4. Вулканогенно-осадочные грунты.....	775
22.5. Криогенные (мерзлые) грунты	777
22.6. Техногенные (искусственные) грунты	783
Литература.....	787
Глава 23. Характеристика грунтов магматического генезиса	787
23.1. Интрузивные породы как грунты.....	787
23.2. Эффузивные породы как грунты.....	792
Литература.....	793
Глава 24. Характеристика грунтов метаморфического генезиса.....	793
24.1. Динамотермально-метаморфизованные породы как грунты	793
24.2. Катакластическо-метаморфизованные породы как грунты	797
Литература.....	798
Глава 25. Характеристика грунтов осадочного генезиса.....	798
25.1. Генетические типы и распространенность осадочных отложений.....	798
Распространенность, генетические компоненты и состав осадочных пород	798
Зона осадкообразования и типы литогенеза (седиментогенеза).....	800
Генетические типы отложений и их общая классификация	811
25.2. Континентальные осадочные породы как грунты.....	813
Элювиальные образования как грунты.....	813
Субазрально-фитогенные отложения как грунты	817
Обвальные и осыпные отложения как грунты.....	818
Оползневые отложения как грунты	820
Солифлюкционные отложения как грунты	821
Делювиальные отложения как грунты.....	821
Проллювиальные отложения как грунты	823
Аллювиальные отложения как грунты	825
Озерные отложения как грунты.....	832
Подземно-водные (субтерральные) отложения как грунты	833
Ледниковые отложения как грунты.....	833
Флювиогляциальные (ледниково-речные) отложения как грунты.....	837
Лимногляциальные (ледниково-озерные) отложения как грунты.....	840

Эоловые отложения как грунты.....	841
25.3. Морские осадочные породы как грунты.....	843
Механогенные морские отложения как грунты.....	843
Коллювиальные морские отложения.....	843
Волновые морские отложения.....	845
Подводно-флювиальные морские отложения.....	847
Тиховодные морские отложения.....	855
Марино-гляциальные отложения.....	856
Хемогенные морские отложения как грунты.....	861
Биогенные морские отложения как грунты.....	862
Подводно-элювиальные морские отложения как грунты.....	867
Литература.....	868
Глава 26. Характеристика грунтов вулканогенно-осадочного генезиса.....	868
26.1. Эффузивно-осадочные породы как грунты.....	868
26.2. Эксплозивно-осадочные породы как грунты.....	869
26.3. Гидротермно-осадочные породы как грунты.....	874
Литература.....	875
Глава 27. Характеристика грунтов криогенного генезиса.....	876
27.1. Синкриогенные породы как грунты.....	876
27.2. Эпикриогенные породы как грунты.....	886
27.3. Диакриогенные породы как грунты.....	895
Литература.....	898
Глава 28. Характеристика почв как грунтов.....	898
28.1. Понятие о почве как особом природном образовании и ее специфика как грунта.....	898
28.2. Подразделение почв как грунтов.....	903
28.3. Характеристика основных типов почв как грунтов.....	903
Литература.....	909
Глава 29. Характеристика техногенных (искусственных) грунтов.....	909
29.1. Техногенные грунты, созданные преобразованием природных грунтов в условиях их естественного залегания.....	909
Улучшенные скальные грунты.....	909
Улучшенные дисперсные грунты.....	910
Улучшенные криогенные грунты.....	916
Ухудшенные грунты.....	917
29.2. Техногенные грунты, созданные перемещением природных грунтов в процессе строительной и другой производственной деятельности.....	919
Насыпные грунты.....	919
Намывные грунты.....	920
29.3. Техногенные грунты, созданные как отходы хозяйственной деятельности человека.....	922
Насыпные промышленные и бытовые отходы как грунты.....	922
Культурный слой.....	925
Намывные промышленные отходы как грунты.....	926
Литература.....	928

Часть VII МАССИВЫ ГРУНТОВ

Глава 30. Общие представления о массиве грунтов и факторах, определяющих его особенности.....	929
30.1. Понятия «массив горных пород», «инженерно-геологический массив», «массив грунтов».....	929
30.2. О принципиальных отличиях грунта-образца и массива грунтов.....	931
30.3. Факторы, определяющие особенности поведения массивов грунтов.....	934

Вещественный состав массива грунтов	934
Выветренность массива грунтов	935
Трещиноватость массива грунтов	937
Газонасыщенность массива грунтов	940
Обводненность массива грунтов	941
Температура массива грунтов и фазовое состояние жидкой компоненты	943
Анизотропия свойств массива грунтов	944
Неоднородность строения и свойств массива грунтов	946
Напряженно-деформированное состояние массива грунтов	950
30.4. О классифицировании массивов грунтов	955
Литература	963
Глава 31. Характеристика массивов грунтов разных типов	963
31.1. Массивы, сложенные природными грунтами одного класса	964
Массивы скальных природных грунтов	965
Массивы дисперсных природных грунтов	970
Массивы мерзлых природных грунтов	977
31.2. Массивы, сложенные природными грунтами разных классов	982
Массивы, сложенные дисперсными и скальными природными грунтами	982
Массивы, сложенные дисперсными, скальными и мерзлыми природными грунтами	986
31.3. Массивы техногенно преобразованных природных и техногенно созданных грунтов	990
Массивы скальных техногенно преобразованных грунтов	991
Массивы дисперсных техногенно преобразованных грунтов	993
Массивы мерзлых техногенно преобразованных грунтов	994
Массивы скальных техногенно созданных грунтов	996
Массивы дисперсных техногенно созданных грунтов	997
Массивы мерзлых техногенно созданных грунтов	1003
Литература	1004
Алфавитный указатель	1005

Учебное издание

ТРОФИМОВ ВИКТОР ТИТОВИЧ,
КОРОЛЕВ ВЛАДИМИР АЛЕКСАНДРОВИЧ,
ВОЗНЕСЕНСКИЙ ЕВГЕНИЙ АРНОЛЬДОВИЧ,
ГОЛОДКОВСКАЯ ГАЛИНА АНДРЕЕВНА,
ВАСИЛЬЧУК ЮРИЙ КИРИЛЛОВИЧ,
ЗИАНГИРОВ РЭМ САБИРОВИЧ

ГРУНТОВЕДЕНИЕ

*6-е издание, переработанное
и дополненное*

Редактор Г.С.Савельева

Художественный редактор Ю.М.Добрянская

Художники В.А.Чернецов, Н.С.Шувалова

Художественное оформление выполнено
Издательством Московского университета и издательством «Проспект»
по заказу Московского университета

Технический редактор З.С.Кондрашова

Корректоры В.А.Ветров, Г.Л.Семенова

Компьютерная верстка И.Д.Труфанова

Подписано в печать 10.09.2004

Формат 70×100/16. Бумага офсетная. Гарнитура Таймс.

Усл. печ. л. 83,2. Уч.-изд. л. 85,26.

Тираж 2000 экз. Заказ № 11345. Изд. № 7710

Ордена «Знак Почета»

Издательство Московского университета

125009, Москва, ул. Б.Никитская, 5/7

Тел.: 229-50-91. Факс: 203-66-71

939-33-23 (отдел реализации)

E-mail: kd_mgu@gambler.ru

В Издательстве МГУ

работает служба «КНИГА — ПОЧТОЙ»

Тел.: 229-75-41

Отпечатано в ППП «Типография «Наука»
121099, Москва, Шубинский пер., 6