

А.М. Гальперин
В.С. Зайцев

IV

ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОЛОГИЯ

*Допущено Учебно-методическим объединением
вузов Российской Федерации по образованию
в области горного дела в качестве учебника
для студентов вузов, обучающихся
по направлению «Горное дело»*

МОСКВА
ИЗДАТЕЛЬСТВО «ГОРНАЯ КНИГА»
♦
ИЗДАТЕЛЬСТВО
МОСКОВСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
ГОРНОГО УНИВЕРСИТЕТА
2009

ГЕОЛОГИЯ



УДК 624.131(075.8)

ББК 26.3

Г 17

Книга соответствует «Гигиеническим требованиям к изданиям книжным для взрослых. СанПиН 1.2.1253—03», утвержденным Главным государственным санитарным врачом России 30 марта 2003 г. (ОСТ 29.124—94). Санитарно-эпидемиологическое заключение Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей № 77.99.60.953.Д.012634.11.08

Экспертиза проведена Учебно-методическим объединением вузов Российской Федерации по образованию в области горного дела (письмо № 51-63/6 от 09.06.2009 г.)

Рецензенты:

- кафедра геологии и гидрогеологии Московского государственного открытого университета (зав. кафедрой д-р геол.-минер. наук, проф. С.С. Бондаренко);
- проф., д-р техн. наук В.И. Стрельцов (ФГУП «ВНИОГЕМ»)

Гальперин А.М., Зайцев В.С.

Г 17

Геология: Часть IV. Инженерная геология: Учебник для вузов. — М.: Издательство «Горная книга», Издательство Московского государственного горного университета, 2009. — 559 с.: ил.

ISBN 978-5-98672-158-3 (в пер.)

ISBN 978-5-7418-0604-3

Изложены основные сведения из инженерной петрографии (грунтоведения): характеристики состава, строения, состояния и свойств горных пород и грунтов. Рассмотрены современные представления об особенностях массива горных пород и методах его исследования. Приведена методика изучения инженерно-геологических условий территорий освоения, а также технические характеристики современного оборудования, используемого для данных целей. Проанализированы характерные этапы составления прогнозных оценок условий разработки месторождений полезных ископаемых и строительства подземных сооружений.

А.М. Гальперин — д-р техн. наук, профессор; *В.С. Зайцев* — канд. техн. наук, профессор (кафедра геологии Московского государственного горного университета).

Для студентов вузов, обучающихся по направлению подготовки «Горное дело».

УДК 624.131(075.8)

ББК 26.3

ISBN 978-5-98672-158-3

ISBN 978-5-7418-0604-3



9 785986 721583

© А.М. Гальперин, В.С. Зайцев, 2009

© Издательство «Горная книга», 2009

© Издательство МГГУ, 2009

© Дизайн книги. Издательство МГГУ, 2009

ПРЕДИСЛОВИЕ

Инженерная геология входит в состав научных дисциплин, направленных на изучение геологических условий производства разнообразных инженерных работ, связанных в первую очередь с разработкой месторождений полезных ископаемых и строительством подземных сооружений. Богатый опыт горно-строительных и горно-эксплуатационных работ убедительно свидетельствует, что недостаточное знание гидрогеологической и инженерно-геологической обстановки и неумение оценивать ее с технологических позиций приводят к неритмичности в работе горных предприятий, а порой и к аварийным ситуациям. Вместе с тем всесторонний учет гидрогеологических и инженерно-геологических факторов, формирующих геологическую среду, позволяет не только выявить возможность улучшения технико-экономических показателей работы горно-технических объектов, но и способствует разработке эффективных инженерных мероприятий по поддержанию их в сложных горно-геологических условиях.

Подготовка инженеров по горно-технологическим специальностям предусматривает изучение цикла геологических дисциплин, включающего в себя «Основы геологии», «Месторождения полезных ископаемых», «Гидрогеология», «Инженерная геология» и «Горно-промышленная геология».

В предлагаемом учебнике «Инженерная геология» выделены четыре раздела, дающие представления о характерных инженерно-геологических свойствах горных пород, структурных особенностях толщ (массивов) горных пород, геодинамическом состоянии осваиваемых территорий, принципах прогнозирова-

ния поведения геологической среды в ходе ведения горных работ и эксплуатации горно-технических объектов.

Такой многосторонний обзор состояния геологической среды способствует принятию обоснованных технологических, а при необходимости и специальных мероприятий, обеспечивающих безопасность ведения работ, их экономическую эффективность и отвечающую современным нормативным показателям экологическую ситуацию.

При подготовке рукописи к печати были приняты во внимание замечания и пожелания, полученные на изданный в 1989 г. учебник «Гидрогеология и инженерная геология» (авт. А.М. Гальперин, В.С. Зайцев, Ю.А. Норватов).

Авторы выражают также благодарность В.П. Зервандовой, И.А. Честной, А.В. Яшиной и С.А. Пуневскому за помощь в подготовке рукописи к изданию.

Авторы признательны А.Е. Королькову, Т.В. Дубровской, Ю.И. Кутепову, Е.С. Оксенкругу, М.Н. Тавостину и М.М. Хайрутдинову за предоставленные цветные фотографии.

Отзывы просим направлять по адресу: Москва, Ленинский проспект, 6, МГГУ, кафедра геологии.

Мы хотим не только знать, как устроена природа и как происходят природные явления, но и ... узнать, почему природа является такой, а не другой.

А. Эйнштейн

Инженерная геология изучает геологические условия строительства и эксплуатации сооружений различного назначения и типа. Эти условия, называемые инженерно-геологическими, определяются геологическим строением и геодинамическим состоянием территории. Соответственно, основными объектами исследований являются *горные породы, толщи (массивы горных пород), современные геологические процессы и явления и инженерно-геологические процессы и явления*, определяемые техногенными факторами. В горно-строительной и горно-эксплуатационной практике подобные процессы и явления известны под названием *горно-геологических*, что подчеркивает специфические особенности инженерной геологии в горном деле, для которого в качестве первоочередных рассматриваются задачи по оценке состояния горных пород и слагаемых ими массивов — среды производства горных работ. Горные породы служат конструктивными элементами подземных или открытых горных выработок и их устойчивость во многом зависит от геологоструктурных характеристик массива пород.

Становление инженерной геологии приходится на конец XIX — начало XX в. и связано с практикой геологических работ для различных видов наземного и тоннельного строительства. Инженеры-строители решали задачи по оценке прочности и устойчивости горных пород в основаниях сооружений; степени опасности для сооружений геологических процессов, вызываемых главным образом разрушительной работой вод поверхностного и подземного стока и землетрясений; устойчивости естественных склонов; условий осушения болотных массивов и т.п. Перечисленные и подобные им задачи решались геологами в

ПРЕДИСЛОВИЕ	5
ВВЕДЕНИЕ.....	7
РАЗДЕЛ I. ИНЖЕНЕРНАЯ ПЕТРОГРАФИЯ	15
ГЛАВА 1. ОБЩИЕ ВОПРОСЫ ИНЖЕНЕРНОЙ ПЕТРОГРАФИИ	17
§ 1. Принципы изучения горных пород	17
§ 2. Инженерно-геологические классификации горных пород	24
Контрольные вопросы	43
ГЛАВА 2. ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ТВЕРДЫХ ГОРНЫХ ПОРОД.....	44
§ 1. Вещественный состав и структурно-текстурные особенности	44
§ 2. Трещиноватость и выветрелость твердых горных пород....	62
§ 3. Водно-физические свойства	76
§ 4. Механические свойства	81
§ 5. Специальные горно-технические характеристики	112
Контрольные вопросы	121
ГЛАВА 3. ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ГЛИНИСТЫХ (СВЯЗНЫХ) ГОРНЫХ ПОРОД	122
§ 1. Общие сведения	122
§ 2. Вещественный состав и структурно-текстурные особенности.....	124
§ 3. Водно-физические свойства.....	134
§ 4. Механические свойства	145
§ 5. Специальные горно-технические характеристики	167
Контрольные вопросы	180
ГЛАВА 4. ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ РАЗДЕЛЬНОЗЕРНИСТЫХ ПОРОД	181
§ 1. Вещественный состав и структурно-текстурные особенности	181
§ 2. Водно-физические свойства.....	185
§ 3. Механические свойства	189
Контрольные вопросы	200

ГЛАВА 5. ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ГОРНЫХ ПОРОД И ОТЛОЖЕНИЙ ОСОБОГО СОСТАВА И СОСТОЯНИЯ	201
§ 1. Общие сведения	201
§ 2. Мерзлые горные породы	206
§ 3. Насыпные техногенные грунты.....	217
§ 4. Намывные техногенные грунты	229
§ 5. Техногенные отложения отходов городских агломераций.....	238
§ 6. Способы изменения состояния и свойств горных пород ..	246
Контрольные вопросы	258

РАЗДЕЛ II. ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОЛОГИЯ МАССИВОВ ГОРНЫХ ПОРОД

259

ГЛАВА 6. ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ТИПИЗАЦИЯ МАССИВОВ ГОРНЫХ ПОРОД.....

261

§ 1. Понятие о массиве горных пород	261
§ 2. Элементы инженерно-геологической структуры массива	263
§ 3. Структурно-механические классификации массивов горных пород	279
Контрольные вопросы	290

ГЛАВА 7. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ГОРНЫХ ПОРОД В МАССИВЕ

291

§ 1. Факторы, определяющие различие свойств породы в образце и массиве.....	291
§ 2. Натурные методы определения свойств горных пород.....	303
Контрольные вопросы	339

ГЛАВА 8. ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

341

§ 1. Массивы пород и месторождения полезных ископаемых	341
§ 2. Инженерно-геологические особенности угольных месторождений	344
§ 3. Инженерно-геологические особенности рудных месторождений.....	350
Контрольные вопросы	361

РАЗДЕЛ III. ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОДИНАМИКА	363
ГЛАВА 9. ГЕОДИНАМИЧЕСКАЯ ОБСТАНОВКА ПРОИЗВОДСТВА ГОРНЫХ РАБОТ	365
§ 1. Содержание и задачи инженерной геодинамики	365
§ 2. Экзогенные геологические процессы.....	367
§ 3. Эндогенные геологические процессы	376
§ 4. Общая характеристика горно-геологических явлений.....	386
Контрольные вопросы	392
ГЛАВА 10. ГОРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ЯВЛЕНИЯ ПРИ РАЗРАБОТКЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ ОТКРЫТЫМ СПОСОБОМ	393
§ 1. Классификация горно-геологических явлений	393
§ 2. Факторы, влияющие на устойчивость откосных сооружений	401
§ 3. Оползневые деформации на подрабатываемых склонах ..	408
§ 4. Техногенный карст	415
Контрольные вопросы	421
ГЛАВА 11. ГОРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ЯВЛЕНИЯ ПРИ РАЗРАБОТКЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ ПОДЗЕМНЫМ СПОСОБОМ	422
§ 1. Классификация горно-геологических явлений	422
§ 2. Сдвигение горных пород	424
§ 3. Опускание и обрушение кровель в выработанное пространство	432
§ 4. Выдавливание пород	436
§ 5. Горные удары	440
§ 6. Внезапные выбросы пород, угля, газа	446
§ 7. Деформации массива вследствие глубокого водопонижения.....	452
§ 8. Деформации породных отвалов угольных шахт и солеотвалов	458
§ 9. Внезапные прорывы воды в горные выработки.....	466
Контрольные вопросы.....	476
РАЗДЕЛ IV. ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ГОРНЫХ РАБОТ	477
ГЛАВА 12. ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ГОРНОМ ДЕЛЕ	479

§ 1. Требования к инженерно-геологической изученности горных пород и массивов.....	479
§ 2. Состав инженерно-геологических изысканий.....	485
§ 3. Инженерно-геологические исследования при разработке месторождений открытым способом	490
§ 4. Инженерно-геологические исследования при подземной разработке месторождений и подземном строительстве	497
§ 5. Инженерно-геологические исследования при строительстве подземных сооружений.....	500
Контрольные вопросы	510
ГЛАВА 13. ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ГОРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ОСВОЕНИЯ НЕДР	511
§ 1. Цель и задачи прогнозирования	511
§ 2. Методы инженерно-геологических прогнозов.....	515
§ 3. Инженерно-геологическое районирование объектов горного производства	520
§ 4. Инженерно-геологическое изучение намывных массивов	529
§ 5. Прогнозирование инженерно-геологических процессов при разведке и освоении месторождений твердых полезных ископаемых	537
Контрольные вопросы.....	545
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	546
АЛФАВИТНО-ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ	552