



СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
SIBERIAN FEDERAL UNIVERSITY

В. В. Нескоромных

# РАЗРУШЕНИЕ ГОРНЫХ ПОРОД ПРИ БУРЕНИИ СКВАЖИН

Учебное  
пособие

УМО

ИНСТИТУТ НЕФТИ И ГАЗА  
НЕФТЕГАЗОВОЕ ДЕЛО

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Сибирский федеральный университет

**В. В. Нескоромных**

## **РАЗРУШЕНИЕ ГОРНЫХ ПОРОД ПРИ БУРЕНИИ СКВАЖИН**

Рекомендовано Федеральным государственным бюджетным образовательным учреждением высшего профессионального образования «Национальный минерально-сырьевой университет «Горный»» в качестве учебного пособия для студентов, обучающихся по профилю подготовки бакалавров «Бурение нефтяных и газовых скважин» направления 130000 «Нефтегазовое дело» (рег. номер 2730 от 13 марта 2014 г.)

Красноярск  
СФУ  
2014

УДК 622.24(075.8)

ББК 33.131я73

H552

**Нескоромных, В. В.**

H552      Разрушение горных пород при бурении скважин : учеб. пособие /  
В. В. Нескоромных. – Красноярск : Сиб. федер. ун-т, 2014. – 336 с.  
ISBN 978-5-7638-3044-6

Изложены основы механики сплошной среды. Рассмотрен механизм разрушения горных пород при бурении различными типами породоразрушающих инструментов. Приведены параметры и свойства, определяющие буримость горных пород.

Предназначено для студентов, обучающихся по профилю подготовки бакалавров «Бурение нефтяных и газовых скважин» направления 130000 «Нефтегазовое дело».

Электронный вариант издания см.:  
<http://catalog.sfu-kras.ru>

УДК 622.24(075.8)  
ББК 33.131я73

ISBN 978-5-7638-3044-6

© Сибирский федеральный  
университет, 2014

---

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
Глава 1. МЕТОДЫ РАЗРУШЕНИЯ И СВОЙСТВА ГОРНЫХ ПОРОД.....	6
1.1. Способы разрушения горных пород .....	6
1.2. Общие сведения о горных породах .....	8
1.3. Механические свойства горных пород при простых видах деформации .....	16
Глава 2. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ МЕХАНИКИ РАЗРУШЕНИЯ ГОРНЫХ ПОРОД.....	27
2.1. Основы механики разрушения твердых тел.....	27
2.1.1. Теоретическая прочность твердых тел .....	27
2.1.2. Теория разрушения твердых тел А.Гриффитса .....	29
2.1.3. Понижение прочности твердых тел физико-химическими методами .....	33
2.1.4. Теория эффективных растягивающих напряжений .....	37
2.2. Напряжения в горных породах под действием сосредоточенной силы .....	39
2.3. Основные параметры процесса разрушения горных пород .....	42
2.4. Влияние формы внедряемого индентора на процесс деформирования и разрушения горной породы.....	44
2.4.1. Разрушение горной породы при вдавливании плоского цилиндрического индентора .....	45
2.4.2. Разрушение горной породы при вдавливании индентора сферической формы .....	50
2.4.3. Разрушение горной породы при вдавливании пирамидального и клиновидного инденторов .....	54
2.5. Влияние касательной нагрузки на напряженное состояние горной породы при осевом внедрении инденторов.....	59
2.6. Влияние скорости и интенсивности приложения нагрузки на процесс разрушения горных пород .....	61
2.7. Особенности разрушения инденторами анизотропных горных пород.....	71

2.8. Динамическое разрушение горных пород .....	75
2.8.1. Механизм и энергоемкость разрушения горных пород при динамическом нагружении .....	75
2.8.2. Разрушение горной породы ударом при несимметричном нагружении индентора.....	81
2.9. Условия, определяющие состояние горных пород в процессе их разрушения при бурении .....	85

Глава 3. ОСНОВНЫЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ГОРНЫХ ПОРОД, ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ ИХ БУРИМОСТЬ .....	104
3.1. Твердость минералов и горных пород .....	104
3.1.1. Влияние внешней среды на твердость горных пород .....	113
3.1.2. Влияние диаметра индентора на твердость горных пород .....	114
3.1.3. Разрушение породы внедрением нескольких инденторов .....	115
3.1.4. Твердость анизотропной горной породы .....	117
3.2. Изнашивание буровых инструментов и абразивность горных пород .....	120
3.2.1. Теоретические основы процесса изнашивания бурового инструмента .....	120
3.2.2. Влияние внешней среды на абразивное изнашивание инструмента .....	124
3.2.3. Направления и методы повышения износостойкости и создания высокоресурсного бурового инструмента .....	129
3.2.4. Методы изучения изнашивания инструмента при взаимодействии с горной породой. Абразивность горных пород .....	141
3.3. Классификация и описание горных пород для выбора типа долот .....	144
3.4. Оценка буримости горных пород физическими дистанционными методами .....	146

Глава 4. ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ И ЗАКОНОМЕРНОСТИ МЕХАНИЧЕСКОГО РАЗРУШЕНИЯ ГОРНЫХ ПОРОД ПРИ БУРЕНИИ .....	150
4.1. Характеристика основных способов механического разрушения горных пород при бурении скважин .....	150
4.2. Основные принципы и закономерности разрушения горных пород при бурении .....	158

4.3. Формирование зоны предразрушения при механическом разрушении горных пород.....	167
4.4. Особенности формирования стволов скважин при бурении.....	171
4.5. Основы динамики работы бурового инструмента.....	178
4.6. Экономическая оценка эффективности разрушения горных пород при бурении.....	181
<b>Глава 5. РАЗРУШЕНИЕ ГОРНЫХ ПОРОД ПРИ ВРАЩАТЕЛЬНОМ СПОСОБЕ БУРЕНИЯ СКВАЖИН .....</b>	<b>185</b>
5.1. Разрушение горных пород буровым инструментом резцами из твердого сплава.....	185
5.1.1. Твердые сплавы и их свойства .....	185
5.1.2. Основные типы бурового инструмента вооруженного твердосплавными резцами.....	187
5.1.3. Основы механизма разрушения горной породы инструментами режуще-скальвающего действия, вооруженными твердосплавными резцами.....	190
5.2. Разрушение горных пород буровым инструментом с резцами из композиционных алмазосодержащих и поликристаллических алмазов.....	202
5.2.1. Буровые инструменты с резцами из композиционного сверхтвердого материала .....	202
5.2.2. Буровые инструменты с резцами из твердых материалов с поликристаллическими алмазами.....	207
5.2.3. Определение глубины и усилия резания резцами <i>PDC</i> .....	221
5.3. Разрушение горных пород алмазным буровым инструментом .....	229
5.3.1. Общие сведения об алмазном буровом инструменте .....	229
5.3.2. Разработки в области разрушения горных пород алмазным инструментом компаний Atlas Copco и Boart Longyear .....	237
5.3.3. Характер разрушения горных пород алмазными резцами.....	241
5.3.4. Механизм разрушения горной породы алмазными резцами бурового инструмента .....	246
5.3.5. Динамические нагрузки на алмазы в процессе разрушения горных пород .....	268
5.3.6. Заполирование алмазов в буровых инструментах.....	276

---

5.4. Разрушение горных пород шарошечными долотами.....	279
5.4.1. Конструкции и вооружение шарошечных долот.....	279
5.4.2. Материалы для изготовления шарошечных долот.....	289
5.4.3. Основы механики разрушения горных пород шарошечными долотами .....	292
5.4.4. Системы очистки забоя и интенсификация процесса разрушения при бурении шарошечными долотами .....	295
5.4.5. Динамика работы шарошечных долот с учетом влияния бурильной колонны.....	301
5.4.6. Параметры режима бурения шарошечными долотами дробящее-скалывающего действия .....	304
5.5. Удаление продуктов разрушения с забоя буримой скважины.....	307
 БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК .....	 315
 ПРИЛОЖЕНИЯ .....	 318
Приложение 1 .....	318
Приложение 2 .....	319
Приложение 3 .....	326