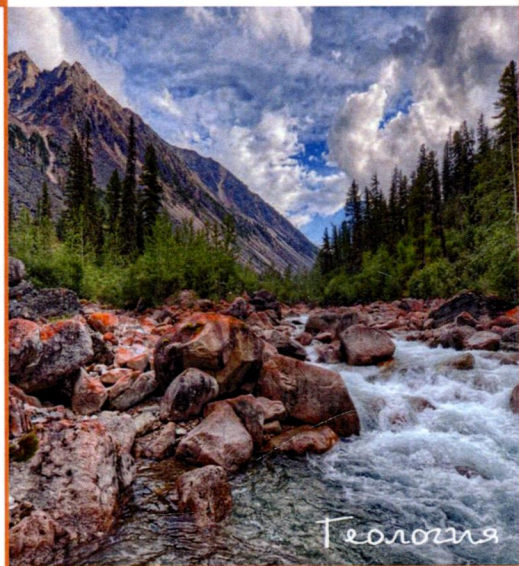


НАУЧНАЯ МЫСЛЬ



А.М. Капитонов, В.Г. Васильев

ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ГОРНЫХ ПОРОД

*западной части
Сибирской платформы*



СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
SIBERIAN FEDERAL UNIVERSITY



НАУЧНАЯ МЫСЛЬ

СЕРИЯ ОСНОВАНА В 2008 ГОДУ



СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
SIBERIAN FEDERAL UNIVERSITY

А.М. КАПИТОНОВ

В.Г. ВАСИЛЬЕВ

**ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ГОРНЫХ
ПОРОД ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ СИБИРСКОЙ
ПЛАТФОРМЫ**

МОНОГРАФИЯ

Москва
ИНФРА-М

Красноярск
СФУ

2018

УДК 622(075.4)
ББК 26.2
К20

Рецензенты:

В.И. Вальчак, канд. геол.-минерал. наук, главный геолог ОАО «Енисейгеофизика»;

Э.Н. Линд, канд. геол.-минерал. наук, зав. отделом прикладной геофизики
Красноярского научно-исследовательского института геологии и минерального сырья,
ст. науч. сотр.

Капитонов А.М.

К20 Физические свойства горных пород западной части Сибирской платформы : монография / А.М. Капитонов, В.Г. Васильев. — М. : ИНФРА-М ; Красноярск : Сиб. федер. ун-т, 2018. — 424 с. — (Научная мысль).

ISBN 978-5-16-013365-2 (ИНФРА-М)

ISBN 978-5-7638-2142-0 (СФУ)

Изложены методологические принципы изучения плотностных, электрических, магнитных, упругих и акустических свойств горных пород, разработана теория предельных значений физических параметров горных пород. Это, по сути, первая крупная попытка систематизировать в одной работе физические свойства магматических и осадочных пород, в том числе и рифейских, с которыми связаны нефтегазоносные зоны Сибирской платформы. Приведены данные по расчленению и корреляции интрузий. Представлены петрофизические модели скважин Юрубченской площади и Бахтинского мегавыступа, которые сравниваются с данными ГИС. Приведены результаты методических исследований акустических свойств горных пород. Установлены метрологические критерии определения скоростей распространения упругих волн в образцах горных пород.

Монография представляет интерес для широкого круга геологов, геофизиков, научных работников, преподавателей, аспирантов и студентов геологического и геофизического профиля.

УДК 622(075.4)

ББК 26.2

© Капитонов А.М.,
Васильев В.Г., 2011, 2018

© Сибирский федеральный
университет, 2011, 2018

ISBN 978-5-16-013365-2 (ИНФРА-М)

ISBN 978-5-7638-2142-0 (СФУ)

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	7
Глава 1. СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД ПРИ ИЗУЧЕНИИ ФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ.....	13
1.1. Иерархия геологических объектов.....	13
1.2. Элемент, элементарная ячейка, структура.....	15
1.3. Надструктурные элементы.....	20
1.4. Два вида гетерогенности горных пород.....	22
Глава 2. ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МИНЕРАЛОВ И ГОРНЫХ ПОРОД.....	23
2.1. Механические состояния горных пород.....	23
2.2. Механическая диаграмма горных пород.....	25
2.3. Показатели прочностных свойств горных пород.....	28
2.4. Упругие свойства минералов.....	29
2.4.1. Упругие показатели минералов.....	29
2.4.2. Упругая анизотропия минералов.....	32
2.4.3. Упругие постоянные минералов.....	34
2.5. Упругие свойства и упругие показатели горных пород.....	36
2.5.1. Упругие показатели.....	36
2.5.2. Экспериментальные значения упругих постоянных горных пород.....	39
2.5.3. Влияние структурных дефектов (поры и микротрещины) на упругие модули горных пород.....	44
2.6. Твердость горных пород и связь с упругими характеристиками.....	47
Глава 3. РАСПРОСТРАНЕНИЕ УПРУГИХ ВОЛН В МИНЕРАЛАХ И ГОРНЫХ ПОРОДАХ.....	53
3.1. Распространение упругих волн в минералах.....	53
3.1.1. Кубические минералы.....	56
3.1.2. Гексагональные минералы.....	57
3.2. Распространение упругих волн в горных породах.....	58
3.2.1. Структурно-вещественная характеристика горных пород.....	59
3.2.2. Механические модели однородных и неоднородных горных пород.....	60
3.3. Распространение упругих волн в однородных горных породах.....	61
3.4. Распространение упругих волн в неоднородных горных породах.....	62

3.4.1. Распространение упругих волн в воздушносухих пористых горных породах.....	63
3.4.2. Распространение упругих волн в водонасыщенных горных породах.....	65
3.4.3. Зависимость скорости распространения упругих волн в горных породах от коэффициента пористости (теория)	72
3.4.4. Зависимость скорости распространения упругих волн в горных породах от коэффициента пористости.....	74
Глава 4. РАСЧЕТ УПРУГИХ ПОСТОЯННЫХ	
ОДНОФАЗНЫХ ГОРНЫХ ПОРОД.....	81
4.1. Метод Фойгта – Реусса.....	83
4.2. Метод Хашина – Штрикмана.....	86
4.3. Метод Миддлу, Паула и Базу.....	88
4.4. Сравнение рассчитанных упругих модулей с экспериментом.....	91
Глава 5. ПРЕДЕЛЬНЫЕ ЗНАЧЕНИЯ ФИЗИЧЕСКИХ	
ХАРАКТЕРИСТИК ГОРНЫХ ПОРОД.....	103
5.1. Плотность горных пород.....	103
5.1.1. Предельное значение плотности горных пород.....	103
5.1.2. Плотность горной породы с дефектами.....	105
5.2. Магнитная восприимчивость доломитов.....	108
5.2.1. Магнитная восприимчивость доломитов Юрубченской площади.....	108
5.2.2. Использование магнитной восприимчивости для определения чистоты доломитов.....	113
5.3. Предельные значения упругих характеристик горных пород.....	116
5.3.1. Кубические кристаллы. Галит.....	118
5.3.2. Предельные упругие характеристики кальцита.....	126
5.3.3. Предельные значения упругих характеристик и скоростей распространения упругих волн в доломите.....	132
5.3.4. Упругие постоянные доломитов Юрубченской площади.....	152
5.3.5. Статистические характеристики физических свойств доломитов рифея.....	154
5.3.6. Сравнение экспериментальных значений скоростных характеристик доломитов рифея Юрубченской площади.....	159
5.3.7. Сравнение экспериментальных значений скоростных характеристик доломитов Бахтинского мегавыступа с предельными значениями.....	161
5.3.8. Предельные значения скоростей распространения упругих волн в песчаниках и алевролитах.....	164

Глава 6. УПРУГИЕ И АКУСТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МНОГОФАЗНЫХ ГОРНЫХ ПОРОД.....	173
6.1. Представление результатов исследований физических свойств.....	173
6.2. Плотность двухфазных горных пород.....	177
6.3. Расчет упругих характеристик двухфазных горных пород....	178
6.3.1. Теория расчета упругих характеристик двухфазных горных пород.....	179
6.3.2. Результаты численного моделирования.....	187
6.4. Влияние аргиллитовой фазы на упругие свойства доломитов	191
6.4.1. Расчет упругих характеристик системы доломит – аргиллит.....	192
6.4.2. Скорости распространения упругих волн в горных породах системы доломит – аргиллит.....	196
6.4.3. Сравнение рассчитанных и экспериментальных скоростных характеристик доломитов.....	199
6.5. Петрофизические свойства долеритов.....	204
6.5.1. Предельное значение плотности долеритов....	204
6.5.2. Предельное значение упругих постоянных долеритов	206
Глава 7. УПРУГИЕ И АКУСТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ГОРНЫХ ПОРОД С КОМПОЗИЦИОННОЙ СТРУКТУРОЙ.....	213
7.1. Структурная и петрофизическая системы координат.....	214
7.2. Упругие характеристики слоистых горных пород системы доломит–аргиллит.....	216
7.3. Упругие характеристики слоистых горных пород системы доломит–кварцевый алевролит.....	225
7.4. Анизотропия горных пород, вскрытых скв. 36 Юрубченской площади.....	230
7.5. Особенности распространения поперечных упругих волн в слоистых средах.....	238
7.6. Анизотропия скоростей упругих волн в доломитах, вскрытых скважиной 50 Юрубченской площади.....	238
7.7. Анизотропия скоростей распространения упругих волн в доломитах, вскрытых скважиной 28 Юрубченской площади.....	243
7.8. Анизотропия скоростей распространения упругих волн в доломитах, вскрытых скважиной 100 Юрубченской площади	245
7.9. Анизотропия скоростей распространения упругих волн в доломитах, вскрытых скважиной 3 Кочумдекской площади	247
7.9.1. Общая характеристика исследованных горных пород.....	247
7.9.2. Слоистые доломиты.....	248
7.9.3. Доломиты с высокой анизотропией и изменение анизотропии акустических свойств горных пород по разрезу скважины.....	253

Глава 8. ПЕТРОФИЗИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ПО ДАННЫМ ЛАБОРАТОРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ГИС.....	262
8.1. Кочумдекская площадь.....	262
8.1.1. Петрофизическая модель разреза, интервал 3159–3195 м	263
8.1.2. Петрофизическая модель фундамента.....	264
8.1.3. Доломиты.....	265
8.1.4. Доломиты аргиллитистые.....	267
8.1.5. Пластовые скорости толщ доломитов костинской и платоновской свит кембрия.....	270
8.2. Магматический комплекс.....	270
8.2.1. Физические свойства долеритов Ванаварской площади.....	271
8.2.2. Физические свойства долеритов Холминской площади.....	297
8.2.3. Физические свойства долеритов Ясенгской площади	302
8.3. Физические свойства горных пород Северной площади.....	304
8.3.1. Терригенные породы.....	305
8.3.2. Сравнение петрофизической модели с данными ГИС	310
8.4. Бурусская площадь.....	314
8.5. Таначинская площадь.....	316
8.6. Пойменная площадь.....	320
8.7. Петрофизические исследования для уточнения литологического описания и структурных особенностей горных пород.....	327
Глава 9. МЕТОДЫ ИЗУЧЕНИЯ УПРУГИХ СВОЙСТВ ГОРНЫХ ПОРОД И МЕТОДИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ.....	343
9.1. Общая характеристика методов определения упругих характеристик горных пород.....	344
9.2. Статические и динамические упругие характеристики горных пород.....	347
9.3. Результаты внешнего контроля.....	350
9.4. Методы бегущих волн (импульсные методы).....	352
9.4.1. Изменение формы акустического сигнала при ударном возбуждении.....	352
9.4.2. Импульсно-фазовый метод.....	360
9.5. Сравнение результатов измерений разными методами для модельного образца.....	363
9.6. Изменение скоростей упругих волн от давления.....	364
9.7. Влияние водонасыщения на скорости упругих волн.....	368
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	370
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	378
ПРИЛОЖЕНИЕ 1. К главе 5.....	390
ПРИЛОЖЕНИЕ 2. К главе 6.....	400
ПРИЛОЖЕНИЕ 3. К главе 8.....	406
ПРИЛОЖЕНИЕ 4. К главе 9.....	418