

**В.Н. ОПАРИН - Б.Ф. СИМОНОВ - В.Ф. ЮШКИН
Б.И. ВОСТРИКОВ - Ю.В. ПОГАРСКИЙ - Л.А. НАЗАРОВ**

**ГЕОМЕХАНИЧЕСКИЕ
И ТЕХНИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ
УВЕЛИЧЕНИЯ
НЕФТЕОТДАЧИ ПЛАСТОВ
В ВИБРОВОЛНОВЫХ
ТЕХНОЛОГИЯХ**



**НОВОСИБИРСК
«НАУКА»**

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК
СИБИРСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ
ИНСТИТУТ ГОРНОГО ДЕЛА

В.Н. ОПАРИН • Б.Ф. СИМОНОВ
В.Ф. ЮШКИН • В.И. ВОСТРИКОВ
Ю.В. ПОГАРСКИЙ • Л.А. НАЗАРОВ

ГЕОМЕХАНИЧЕСКИЕ
И ТЕХНИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ
УВЕЛИЧЕНИЯ
НЕФТЕОТДАЧИ ПЛАСТОВ
В ВИБРОВОЛНОВЫХ
ТЕХНОЛОГИЯХ

Ответственный редактор
доктор технических наук *В.В. Ивашин*



НОВОСИБИРСК
“НАУКА”
2010

УДК 001:681.2:624.1

ББК 262

О60

Опарин В.Н. Геомеханические и технические основы увеличения нефтеотдачи пластов в виброволновых технологиях / В.Н. Опарин, Б.Ф. Симонов, В.Ф. Юшкин, В.И. Востриков, Ю.В. Погарский, Л.А. Назаров. — Новосибирск: Наука, 2010. — 404 с., [0,4] л. вкл.

ISBN-978-5-02-023312-6.

Монография посвящена разработке методов и созданию систем виброрейсмического воздействия на нефтяные пласты для увеличения нефтеотдачи. Изложены феноменологические предпосылки виброволнового взаимодействия природных и технических систем применительно к нефтяным пластам, рассмотрены вопросы гидродинамических процессов в блочных иерархически построенных коллекторах нефтяных пластов, структура и формирование целиковых зон остаточной нефти. Представлены модели связи блочных коллекторов с параметрами гидродинамической системы и механизм воздействия виброволновых колебаний на зоны нефтенасыщенности. Даны основы теории и приведены конструкции низкочастотных дебалансных виброисточников для воздействия на нефтяные пласты по системам слоистых сред. Изложены результаты промышленных испытаний технологии виброобработки нефтяных коллекторов.

Книга адресована геомеханикам, геофизикам, технологам нефтедобывающих предприятий, занимающимся разработкой новых систем увеличения нефтеотдачи пластов, а также преподавателям, аспирантам и студентам старших курсов вузов нефтяного и геологического профиля.

Табл. 29. Ил. 187. Библиогр.: 353 назв.

Рецензенты

доктор физико-математических наук *В.М. Жигалкин*

доктор технических наук *А.Р. Маттис*

доктор технических наук *В.И. Юшин*

Утверждено к печати Ученым советом Института горного дела СО РАН



Работа издана при финансовой поддержке
Российского фонда фундаментальных исследований по проекту № 09-05-07091

Работа выполнена в рамках Государственной программы "Вибронефть", проектов РФФИ № 93-05-08643, 96-05-66052-а, 01-05-65062-а, 01-05-65463-а, 01-05-79175-к, 02-05-64837-а, 03-05-79156-к, 04-05-65332-а, 05-05-79155-к, 06-05-79113-к (1989—2008 гг.), научной школы В.Н. Опарина НШ-3803.2008.5

ISBN-978-5-02-023312-6

© Институт горного дела СО РАН, 2010
© Оформление. "Наука". Сибирская издательская фирма РАН, 2010

ОГЛАВЛЕНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ	6
ГЛАВА 1 О СОВРЕМЕННЫХ КОНЦЕПЦИЯХ БЛОЧНО-ИЕРАРХИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ МАССИВОВ ГОРНЫХ ПОРОД	10
1.1. Введение	10
1.2. Нелинейная геомеханика и блочно-иерархическое строение массивов горных пород	11
1.3. Канонический ряд геоблоков	13
1.4. Геомеханический “инвариант” $\mu_{\Delta}(\delta)$	19
1.5. О роли блочно-иерархического строения геосреды в развитии нелинейных геомеханических процессов	21
1.6. Каноническая шкала структурно-иерархических представлений	23
1.7. Вибросейсмическое воздействие и блочное строение терригенных коллекторов	28
ГЛАВА 2 КВАЗИСТАТИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ САМООРГАНИЗАЦИИ ПОРОДНЫХ МАССИВОВ ПРИ ОТРАБОТКЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПЛАСТОВОГО ТИПА	30
2.1. Введение	30
2.2. Зонально-дезинтеграционные процессы	30
2.3. Самоорганизация породных массивов с образованием ячеистых структур	34
2.4. О медленно растущих системах трещин отрыва в “слабонапряженных” породах	55
2.5. О некоторых актуальных задачах в геомеханике нефтегазовых пластов и возможных способах их решения	66
ГЛАВА 3 НЕЛИНЕЙНЫЕ ВОЛНОВЫЕ ПРОЦЕССЫ В НАПРЯЖЕННЫХ МАССИВАХ ГОРНЫХ ПОРОД И ГЕОМАТЕРИАЛАХ БЛОЧНО-ИЕРАРХИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ	70
3.1. Введение	70
3.2. Явление знакопеременной реакции горных пород на динамические воздействия	70
3.3. Волны маятникового типа	83
3.4. Эффект аномально низкого трения в блочных средах	128
3.5. Особенности эволюции акустических гармонических сигналов в блочных средах с цилиндрической полостью в условиях двухосного нагружения	139
3.6. О простейших моделях описания динамико-кинематических характеристик волн маятникового типа	163
3.7. Кинематическое соотношение для волн маятникового типа	179
3.8. Некоторые фундаментальные геомеханические следствия для развития виброволновых геотехнологий	193

ГЛАВА 4	
ФОРМИРОВАНИЕ ОСТАТОЧНЫХ НЕФТЕНАСЫЩЕННЫХ ЗОН В ТЕРРИГЕННЫХ КОЛЛЕКТОРАХ И ВОВЛЕЧЕНИЕ ИХ В РАЗРАБОТКУ С ПОМОЩЬЮ ВИБРОВОЗДЕЙСТВИЯ	203
4.1. Структура и формирование целиковых зон остаточной нефтенасыщенности	203
4.2. Уравнение связи геомеханических и гидродинамических параметров системы геоблок — макротрещины	206
4.3. Механизм действия вибросейсмических колебаний на целиковые зоны остаточной нефтенасыщенности в геоблоках	217
4.4. Расчет проницаемости моделей остаточно нефтенасыщенных “целиковых зон”	219
ГЛАВА 5	
МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ВИБРОИСТОЧНИКА И СИСТЕМЫ СОГЛАСОВАНИЯ С ГРУНТОВОЙ СРЕДОЙ	241
5.1. Структура и конструктивное устройство дебалансного виброисточника	242
5.2. Динамическая модель системы виброисточник — грунт	245
5.3. Способы регулирования эксцентриситета дебаланса	247
5.4. Дифференциальные уравнения системы электропривод — виброисточник — грунт	248
5.5. Математические уравнения электропривода	251
5.6. Силы сопротивления вращению дебаланса	253
5.7. Тепловой баланс подшипников силовой камеры	255
5.8. Обоснование параметров грунтового слоя	257
5.9. Частотные свойства грунтовой насыпи	260
5.10. Характеристики реакции грунтовой среды	262
5.11. Анализ энергопреобразования в контуре согласования	264
5.12. Оценка смещений и напряжений неоднородной грунтовой насыпи при колебаниях виброисточника	268
5.13. Экспериментальные характеристики неоднородного грунтового слоя	270
5.14. Способы возведения искусственных грунтовых оснований	273
5.15. Расчетная схема динамического взаимодействия виброисточника с блочным коллектором нефтяного пласта	275
ГЛАВА 6	
МЕТОДЫ И РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ВИБРОИСТОЧНИКА	287
6.1. Методы определения собственных частот системы виброисточник — грунт	288
6.2. Алгоритм вычисления резонансных колебаний виброисточника	289
6.3. Асимптотическое решение дифференциальных уравнений виброисточника	291
6.4. Моделирование динамических процессов виброисточника	294
6.5. Энергетические соотношения в режиме вынужденных колебаний	298
6.6. Переходные процессы пуска электродвигателя дебаланса	300
6.7. Динамические процессы в режиме изменения частоты колебаний	302
6.8. Динамические процессы в режиме изменения эксцентриситета дебаланса	306
6.9. Анализ работы виброисточника в установившихся режимах	308
6.10. Обоснование и обеспечение экспериментальных работ	311
6.11. Исследование установившихся режимов работы виброисточника	315
6.12. Переходные процессы виброисточника	318

6.13. Сравнение способов согласования дебалансных виброисточников	321
6.14. Характеристики энергетической эффективности виброисточников	328
6.15. Сравнение аналитических и экспериментальных результатов	331
ГЛАВА 7	
ВИБРОСЕЙСМИЧЕСКИЕ ИСТОЧНИКИ ДЛЯ ВОЗДЕЙСТВИЯ НА НЕФТЯНЫЕ ПЛАСТЫ И ИХ КОНСТРУКТИВНОЕ УСТРОЙСТВО	333
7.1. Дебалансный виброисточник	333
7.2. Соосно-дебалансный вибровозбудитель с двухприводными вибромодулями	336
7.3. Виброисточник со встроенными вибровозбудителями	339
7.4. Вибровозбудитель с регулируемым статическим моментом дебалансов	342
7.5. Соосно-дебалансный вибровозбудитель с одноприводными вибромодулями	344
7.6. Виброисточник с распределенной силовой нагрузкой на виброизлучающую платформу	350
7.7. Виброисточник с пространственным основанием	351
ГЛАВА 8	
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ВИБРОСЕЙСМИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ПОВЫШЕНИЯ НЕФТЕОТДАЧИ ПЛАСТОВ	353
8.1. Излучение волновых полей и энергетика сейсмоисточника	353
8.2. Распространение возмущений в средах с тонкими слоями	358
8.3. Виброобработка флюидосодержащих пористых пластов	366
8.4. Схема эксперимента для определения проницаемости нефтеносного пласта в искусственном волновом поле	370
8.5. Промысловые испытания виброволновых технологий увеличения нефтедобычи	373
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	387
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	390