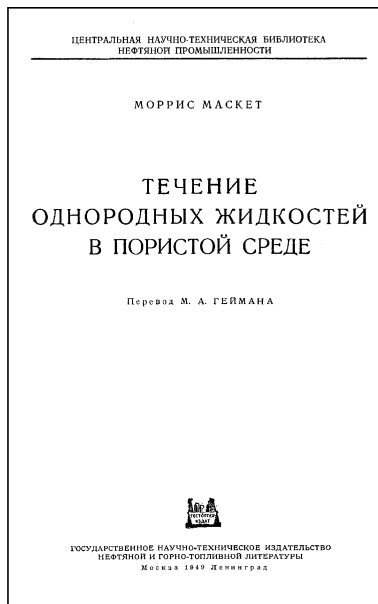


УДК 622



Маскет М.

Течение однородных жидкостей в пористой среде. — Москва–Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2004, 640 стр.

В книге рассматривается теория фильтрации и ее приложения к технологии гидротехники, гидрогеологии, мелиорации и ирригации почв, а также добычи нефти, газа и эксплуатации источников водоснабжения.

Книга рассчитана на широкий круг читателей — гидротехников, мелиораторов, специалистов в области инженерной гидрогеологии, гидрогеологов, гидродинамиков, физиков и инженеров–нефтяников.

Репринтное издание (оригинальное издание: М.–Л.: Гостоптехиздат, 1949 г.).

ISBN 5–93972–293–8

© Институт компьютерных исследований, 2004

<http://ics.org.ru>

<http://rcd.ru>

О Г Л А В Л Е Н И Е

Предисловие к репринтному изданию	VIII
Предисловие	3
Краткая история развития подземной гидравлики в СССР	6

ЧАСТЬ ПЕРВАЯ

О С Н О В Ы

Г л а в а I. Введение

1. Предмет изучения	15
2. Однородные жидкости	16
3. Пористая среда	18
4. Общие положения аналитической теории	19
5. Природа пористой среды	21
6. Систематическая укладка шаров	21
7. Укладка естественных материалов	24
8. Сжимаемость песка и гравия	24
9. Сжимаемость глин	25
10. Влияние уплотнения и деформации отложений на проницаемость	26
11. Классификация пород и их свойства по накоплению жидкостей	26
12. Связь структуры горных пород и подземных жидкостей	31
13. Подземные жидкости, их залегание и миграция	34
14. Залегание грунтовых вод	36
15. Содержание воды в несцементированных поверхностных отложениях	37
16. Движение жидкости в капиллярной зоне	37
17. Движение жидкости ниже водного зеркала. Поверхностная зона	40
18. Движение жидкости под уровнем грунтовых вод. Глубокие зоны	44
19. Залегание погребенных вод	46
20. Миграция погребенных вод	48
21. Влияние уплотнения осадков на миграцию жидкостей	49
22. Залегание газа и нефти	52
23. Происхождение газа и нефти	52
24. Миграция и скопление газа и нефти	54

Г л а в а II. Закон Дарси и измерение проницаемости пористой среды

1. Закон Дарси	58
2. Степень обоснованности закона Дарси	59
3. Постоянная в законе Дарси. Проницаемость пористой среды	70
4. Единицы проницаемости и номенклатура	74
5. Основы методики измерения и вычисления проницаемости пористой среды	76
6. Измерение проницаемости несцементированных песков	79
7. Общая техника определений проницаемости сцементированной пористой среды	83
8. Дальнейшие подробности измерений проницаемости с помощью жидкостей	86
9. Дальнейшие подробности измерений проницаемости с помощью газов	87
10. Сравнение газа и жидкостей при измерениях проницаемости	88
11. Измерения проницаемости в полевых условиях	90
12. Типовые значения проницаемости	96
13. Измерения пористости	100

Глава III. Общие гидродинамические уравнения для течения жидкостей в пористой среде

1. Основные гидродинамические соотношения	107
2. Классическая гидродинамика	110
3. Обобщенная форма закона Дарси	112
4. Уравнения движения	115
5. Граничные и начальные условия	119
6. Аналогия с остальными физическими проблемами	122
7. Недекартовы системы координат	123
8. Заключение	125

ЧАСТЬ ВТОРАЯ

УСТАНОВИВШЕЕСЯ ТЕЧЕНИЕ ЖИДКОСТЕЙ

Глава IV. Проблемы плоского течения и методы теории потенциала

1. Введение	128
2. Радиальное течение в скважину	129
3. Ряд Фурье	134
4. Несимметричное течение в скважину	139
5. Произвольное распределение давления на контуре	139
6. Течение между неконцентричными круговыми границами. Функция Грина	144
7. Течение из бесконечного линейного источника питания в скважину. Фронтальное продвижение. Метод отражений	149
8. Течение из конечного линейного источника питания в песчаник бесконечной величины. Метод сопряженных функций	154
9. Течение из конечного линейного источника питания в скважину. Преобразования сопряженной функции. Бесконечный ряд отображений	158
10. Противодействие на плотину с расширенным основанием. Забивная крепь отсутствует	163
11. Противодействие на плотину с забивной крепью. Теорема Шварца-Кристоффеля	165
12. Фильтрационный расход под плотинами с удлиненной шириной основания. Отсутствие забивной крепи. Преобразование эллиптической функции	175
13. Фильтрационный расход под плотинами с удлиненной шириной основания при наличии забивной крепи	181
14. Фильтрационный расход под коффердамом	185
15. Анизотропная среда	189
16. Выводы из общей теории потенциала. Теорема Грина	190
17. Приближенные и неаналитические методы решения задач плоского течения	195
18. Заключение	204

Глава V. Пространственные (трехразмерные) задачи

1. Введение	216
2. Сферическое течение	217
3. Несовершенные скважины. Распределение потенциала	220
4. Текущие дебиты несовершенных скважин	227
5. Несовершенные скважины в анизотропных песчаниках	231
6. Заключение	234

Глава VI. Гравитационное течение

1. Введение	240
2. Дренаживание наклонного пласта песчанника. Задача Гопфа и Трефтца	244
3. Решение задачи двухразмерного гравитационного течения методом годографа. Отображение границ	251
4. Фильтрация через плотину с вертикальными фасадами. Аналитическая теория	253

5. Численные приложения	258
6. Изучение гравитационного течения с помощью электрических моделей	266
7. Соответствие некоторых точных решений уравнения Лапласа для гравитационного течения	269
8. Фильтрация воды из каналов и канав в песчаники с глубоко залегающим водяным зеркалом	276
9. Фильтрация воды из каналов или канав в песчаники, которые подстилаются высокопроницаемыми гравийными ложами на малых глубинах	270
10. Приближенная теория фильтрации воды через плотины с наклонными фасадами	281
11. Фильтрационные струи из каналов и канав, поглощаемые неглубоко залегающим зеркалом воды	286
12. Приближенное решение некоторых проблем ирригации и дренирования	292
13. Субиригация	293
14. Проблема водонасыщения	294
15. Проблема эрозии	294
16. Дренирование гончарными трубами	295
17. Теория гравитационного течения Дюпюи-Форхгеймера	297
18. Эксперименты на песчаных моделях с трехразмерными гравитационными течениями	302
19. Составной напор при гравитационном течении	310
20. Приближенная потенциальная теория расхода при гравитационном течении	312
21. Заключение	318

Глава VII. Системы с непостоянной проницаемостью

1. Введение. Поверхности разрыва непрерывности	331
2. Непрерывное изменение величины проницаемости	332
3. Прерывное радиальное изменение проницаемости	333
4. Прилегающие слои с различной проницаемостью. Течение жидкости в трещиноватых известняках	338
5. Системы с ограниченными трещинами в известняках	345
6. Теория солянокислотной обработки скважин из карбонатных коллекторов	347
7. Эффект от солянокислотной обработки в радиальной системе	349
8. Эффект от солянокислотной обработки высокотрещиноватых известняков	351
9. Несовершенные скважины в переслаивающихся горизонтах	354
10. Эффективность заиленного лайнера на эксплуатационную производительность скважины	362
11. Заключение	369

Глава VIII. Системы двух жидкостей

1. Введение	374
2. Продвижение краевой воды. Общая природа и формулировка проблемы	374
3. Линейное продвижение	380
4. Двухразмерное радиальное продвижение	382
5. Линия частиц жидкости в однородной системе	385
6. Движение линейного контура в единичную скважину	387
7. Прямое перемещение воды между двумя скважинами	390
8. Влияние силы тяжести на геометрическую форму продвигающейся поверхности раздела	393
9. Влияние разницы в величине вязкости между жидкостями с обеих сторон поверхности раздела	395
10. Образование водяных конусов. Физические основы теории	397
11. Аналитические выводы	402
12. Подавление водяного конусообразования прослоями глин	409
13. Заключение	411

Глава IX. Многоскважинные системы

1. Введение	418
2. Малые группы скважин. Общая теория	420
3. Примеры	421
4. Зависимость эксплуатационной производительности от числа скважин в группе	428
5. Распределение давления на внешнем контуре	429
6. Небольшие группы скважин, питающиеся бесконечным линейным контуром	431
7. Бесконечные линейные ряды скважин	432
8. Распределение давления у бесконечного ряда скважин. Напорная линия	433
9. Двухлинейное расположение скважин. Эффект заслона	439
10. Размещение скважин тремя рядами	446
11. Размещение скважин в шахматном порядке	450
12. Теория размещения отстоящих (внешних) скважин. Формулировка проблемы	451
13. Однорядное размещение внешних скважин	452
14. Многорядное размещение внешних скважин	456
15. Числовой пример	460
16. Проблема водной репрессии (флюдинг)	463
17. Процесс образования поверхности раздела вода—нефть. Эксперименты на электролитических моделях	464
18. Эксперименты на модели с линейным контуром заводнения	466
19. Эксперименты, соответствующие искусственному методу водной репрессии	469
20. Эффект барьеров в системе водной репрессии	473
21. Модели с листовыми проводниками и распределение потенциала	475
22. Аналитические расчеты проводимости сеток скважин при водной репрессии. Общий метод	480
23. Проводимость при прямолинейном заводнении	481
24. Проводимость среды с пятью скважинами при водной репрессии	483
25. Проводимость среды с семью скважинами при водной репрессии	485
26. Проводимость при шахматном размещении скважин	488
27. Расчет коэффициента полезного действия водной репрессии	490
28. Коэффициент полезного действия при водной репрессии с последовательным питанием от линейного контура	491
29. Коэффициент полезного действия пятискважинного размещения	492
30. Коэффициент полезного действия семискважинного размещения при водной репрессии	493
31. Коэффициент полезного действия шахматной расстановки при водной репрессии с питанием от линейного контура	494
32. Общие наблюдения над сетками размещения при водной репрессии	495
33. Сравнение сеток размещения при водной репрессии	496
34. Заключение	502

ЧАСТЬ ТРЕТЬЯ

НЕУСТАНОВИВШЕЕСЯ ТЕЧЕНИЕ ЖИДКОСТЕЙ

Глава X. Течение сжимаемых жидкостей в пористой среде

1. Введение	513
2. Радиальное течение. Некоторые предварительные аналитические формулировки	520
3. Радиальные системы, в которых плотности заданы на обоих границах	522
4. Падение добычи в месторождении, которое эксплуатируется при гидравлическом режиме с переменным давлением	525
5. Предельный случай нулевого внутреннего радиуса	529
6. Рост забойных давлений в закрытых скважинах	529
7. Радиальные системы с плотностью, заданной на одной границе и расходом на другой	531

8. Падение давления в нефтяном месторождении Ист-Тексас	532
9. Единичная скважина в замкнутом резервуаре	540
10. Скважина с бесконечно малым радиусом	541
11. Радиальные системы с заданными расходами на обеих границах	541
12. Предельный случай исчезающе малого внутреннего радиуса	543
13. Скважина в замкнутом песчанике	544
14. Нерадиальное течение. Интерференция скважин. Функция Грина.	547
15. Применение источников и стоков к решению проблем нестационарного течения сжимаемых жидкостей в пористой среде	553
16. Заключение	555

ЧАСТЬ ЧЕТВЕРТАЯ

ДВИЖЕНИЕ ГАЗОВ В ПОРИСТОЙ СРЕДЕ

Глава XI. Движение газов в пористой среде

1. Введение	563
2. Установившееся течение газов. Линейные системы	564
3. Установившееся состояние двухразмерных (плоских) систем	565
4. Трехразмерные (пространственные) системы в установившемся состоянии	566
5. Влияние силы тяжести на течение газов в пористой среде	567
6. Установившееся течение газов в системах с непостоянной проницаемостью	568
7. Двужидкостные системы. Водное конусообразование	569
8. Газовые факторы в пористой среде, где газ и нефть движутся как однородные жидкости	570
9. Газовые факторы для сообщающихся газовых и нефтяных зон	571
10. Газовые факторы несообщающихся между собой газовых и нефтяных песчаников	574
11. Влияние спуска в скважину фонтанных трубок на величину газового фактора	577
12. Образование газовых конусов в скважинах с фонтанными трубками	581
13. Многоскважинные системы	583
14. Неустановившееся течение газов в пористой среде	584
15. Замкнутый газоносный резервуар, дренируемый скважиной, которая работает при постоянном давлении	587
16. Замкнутый газоносный резервуар, дренируемый скважиной, работающей с постоянным отбором	591
17. Заключение	592
Приложение I. Уравнение Лапласа в криволинейных координатах	599
Приложение II. Некоторые двухразмерные функции Грина	600
Приложение III. Преобразования с помощью модулярной эллиптической функции $\theta(q) = k^{*2}$	601
Приложение IV. Доказательство обобщенной формулы Пуассона	602
Приложение V. Сводка особых количественных выводов, развитых в настоящей работе в виде формул или графических построений	603
Список литературы русских исследователей по вопросу движения жидкости через пористую среду	616
Основные пособия по математическому анализу (на русском языке).	623

Редактор И. И. Гольберг

Технический редактор А. С. Полосина

Подписано в печать 22.03.04. Формат 60 × 84¹/₃₂.

Усл. печ. л. 37,2. Уч. изд. л. 50,86. Гарнитура Таймс.

Печать офсетная. Бумага офсетная №1. Тираж 1000 экз. Заказ №

АНО «Институт компьютерных исследований»

426034, г. Ижевск, ул. Университетская, 1

Отпечатано в полном соответствии с качеством

предоставленных диапозитивов в ОАО «Дом печати–Вятка».

610033, г. Киров, ул. Московская, 122.