

Д. БЛЕЙК, Р. РОБСОН

**ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ  
ДИНАМИКИ АТМОСФЕРЫ  
И МЕТЕОРОЛОГИИ**

Д. БЛЕЙК, Р. РОБСОН

# ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ДИНАМИКИ АТМОСФЕРЫ И МЕТЕОРОЛОГИИ

*Перевод с английского  
под редакцией А.Д. Калашникова*



ДОЛГОПРУДНЫЙ  
2016

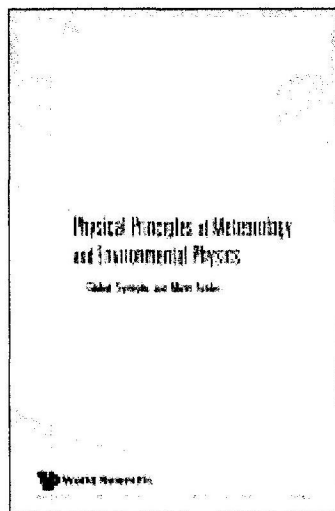
**Д. Блейк, Р. Робсон**

Физические основы динамики атмосферы и метеорологии.  
Пер. с англ.: Учебное пособие / Д. Блейк, Р. Робсон – Дол-  
гопрудный: Издательский Дом «Интеллект», 2016. – 160 с.

**ISBN 978-5-91559-219-2**

Учебное пособие разработано профессорами ведущих австра-  
лийских учебных заведений: Австралийского Национального уни-  
верситета в Канберре и университета Квинсленда. Книга создана  
на основе курса, читаемого авторами студентам старших курсов.  
В ней описаны физические модели от систем синоптических мас-  
штабов до микрометеорологических, а также биофизические под-  
ходы к взаимодействию живых существ с атмосферой. В конце  
каждой главы есть задачи, которые могут быть использованы как  
в учебном курсе, так и в качестве упражнений для самостоятель-  
ного решения. От читателя потребуются владение основами диф-  
ференциального и интегрального исчисления.

Книга предназначена для студентов и преподавателей, занима-  
ющихся метеорологией в качестве специальной дисциплины, и  
будет интересна всем специалистам, чья область интересов так  
или иначе связана с атмосферой.



**ISBN 978-5-91559-219-2**

**ISBN 978-981-281-384-8 (англ.)**

© 2011, World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd.  
© 2016, ООО «Издательский Дом «Интеллект»,  
перевод, оригинал-макет, оформление

# ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие .....	6
<b>Глава 1. Суть предмета .....</b>	<b>7</b>
1.1. Введение .....	7
1.2. Атмосфера .....	9
1.2.1 Состав атмосферы .....	9
1.2.2 Вертикальная структура атмосферы .....	12
1.2.3 Горизонтальная структура .....	13
1.2.4 Вода в атмосфере .....	14
1.3. Солнечное излучение .....	15
1.3.1 Солнечная постоянная .....	15
1.3.2 Радиационный баланс земной поверхности .....	16
1.4. Оценки средних земных температур .....	17
Задачи к главе 1 .....	20
<b>Глава 2. Термодинамика атмосферы и её устойчивость .....</b>	<b>23</b>
2.1. Уравнение состояния атмосферы .....	23
2.2. Термодинамика атмосферы .....	25
2.3. Гидростатическое равновесие .....	29
2.4. Термодинамические диаграммы .....	33
2.5. Примеры использования аэрологической диаграммы F160 .....	34
2.6. Вертикальный градиент температуры и устойчивость, адиабатический вертикальный градиент .....	37
2.7. Насыщенный адиабатический вертикальный градиент .....	41
2.8. Устойчивая атмосфера, частота Брента–Вяйсяля .....	42
2.9. Модели атмосферы .....	43
2.9.1 Однородная атмосфера .....	43
2.9.2 Изотермическая атмосфера .....	44
2.9.3 Атмосфера с постоянным вертикальным градиентом температуры .....	44
Задачи к главе 2 .....	45

Глава 3. <b>Воздушные потоки</b> .....	49
3.1. Введение, уравнение движения .....	49
3.2. Разделение вертикального и горизонтального движения .....	52
3.3. Геострофическое приближение .....	54
3.4. Сбалансированный криволинейный поток: естественные координаты .....	55
3.4.1 Ускорение в естественных координатах .....	55
3.4.2 Уравнение движения в естественных координатах .....	57
3.5. Инерциальные, циклострофические и градиентные потоки .....	58
3.5.1 Инерциальный поток .....	58
3.5.2 Циклострофический поток .....	59
3.5.3 Геострофический поток .....	60
3.5.4 Градиентный поток .....	60
3.5.5 Траектории и линии тока .....	62
3.6. Фрикционные эффекты .....	63
3.7. Вертикальные вариации геострофических ветров .....	64
3.7.1 Изобарические координаты .....	64
3.7.2 Сдвиг ветра и уравнение термического ветра .....	66
3.7.3 Следствия из уравнений .....	68
Задачи к главе 3 .....	71
 Глава 4. <b>Дивергенция, ротор и циркуляция</b> .....	75
4.1. Уравнение непрерывности .....	75
4.2. Механизм изменения давления .....	77
4.3. Ротор и теорема о циркуляции .....	79
4.4. Уравнение завихрённости и его следствия .....	81
4.5. Потенциальная завихрённость .....	85
4.6. Дополнительные комментарии относительно завихрённости .....	87
4.7. Волны Россби .....	87
Задачи к главе 4 .....	90
 Глава 5. <b>Метеорология приповерхностного слоя</b> .....	93
5.1. Введение .....	93
5.2. Турбулентность в атмосфере .....	93
5.3. Турбулентное балансное уравнение .....	96
5.3.1 Баланс импульсов (уравнение движения) .....	98
5.3.2 Баланс энергии .....	98
5.3.3 Балансное уравнение влажности .....	99
5.4. Расчёт вертикальных потоков; соотношение поток–градиент .....	99
5.5. Уравнение турбулентного переноса .....	101
5.6. Приповерхностный слой .....	101

5.7. Поток импульса, вертикальный профиль ветра .....	102
5.8. Энергетические потоки на поверхности Земли .....	106
5.9. Планетарный приповерхностный слой .....	110
5.9.1 Теплоперенос в планетарном приповерхностном слое .....	111
5.9.2 Ветра в планетарном приповерхностном слое .....	113
5.9.3 Рассеяние загрязнений из источника, расположенного на некоторой высоте .....	116
5.10. Число Ричардсона, масштаб Монина–Обухова .....	119
Задачи к главе 5. ....	121
<b>Глава 6. Биометеорология, биофизика окружающей среды .....</b>	<b>125</b>
6.1. Введение .....	125
6.2. Метаболизм, поддержание температуры тела .....	126
6.3. Молекулярный и турбулентный перенос .....	128
6.4. Механизмы теплопередачи .....	130
6.4.1 Излучение .....	130
6.4.2 Конвективный теплоперенос .....	132
6.4.3 Испарение, обмен скрытой теплотой .....	132
6.4.4 Теплопроводность .....	133
6.5. Сводка формул полных тепловых потерь .....	135
6.6. Важность скрытой теплоты: примеры .....	135
6.6.1 Энергетические затраты на дыхание .....	136
6.6.2 Тепловые потери новорождённого .....	137
6.7. Внутри организма: когда теплопроводность играет важную роль .....	138
6.7.1 Подъём температуры работающей мышцы .....	138
6.7.2 Проводимость и конвекция .....	141
6.8. Транспирация в растениях .....	143
6.8.1 Сопrotивление диффузии .....	143
6.8.2 Структура листьев .....	143
6.8.3 Диффузия через трубку круглого сечения, перфорированный экран .....	144
6.8.4 Транспирация листвы .....	147
6.9. Поток от температуры, факты против ощущений .....	148
Задачи к главе 6. ....	150
Приложение А. Некоторые постоянные .....	156
Приложение Б. Давление насыщенных паров воды .....	157
Приложение В. Векторные тождества .....	158
Список рекомендуемой англоязычной литературы .....	159