

ИНСТИТУТ ФИЗИКИ АТМОСФЕРЫ ИМ. А.М. ОБУХОВА  
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

**ИНТЕНСИВНЫЕ  
АТМОСФЕРНЫЕ ВИХРИ  
И ИХ ДИНАМИКА**

Под редакцией

*И.И. Мохова, М.В. Курганского, О.Г. Чхетиани*

Москва  
ГЕОС  
2018

УДК 551.5/532.5  
ББК 26.23/22.253.3

## **Интенсивные атмосферные вихри и их динамика.**

Под ред. И.И. Мохова, М.В. Курганского, О.Г. Чхетиани.  
М.: ГЕОС, 2018. 482 с. ISBN 978-5-89118-764-1

Представлены результаты экспериментальных, диагностических, теоретических и модельных исследований интенсивных атмосферных вихрей, которые в течение последних лет выполнялись в Институте физики атмосферы им. А.М. Обухова РАН при поддержке Российского научного фонда (грант № 14-17-00806). Сделана попытка общего анализа иерархии интенсивных атмосферных вихрей – циркумполярных вихрей и центров действия атмосферы океанского и континентального масштаба, внетропических циклонов и антициклонов, в том числе блокирующих антициклонов, тропических циклонов (ураганов, тайфунов), интенсивных полярных мезоциклонов (“полярных ураганов”), смерчей (торнадо).

Книга может быть полезна достаточно широкому кругу читателей, в том числе специалистам, аспирантам, студентам.

## **Intense atmospheric vortices and their dynamics.**

Edited by: I.I. Mokhov, M.V. Kurgansky, O.G. Chkhetiani.  
Moscow: GEOS, 2018. 482 p. ISBN 978-5-89118-764-1

The results of experimental, diagnostic, theoretical and model studies of intense atmospheric vortices are presented. During the last years of research, they were performed at the A.M. Obukhov Institute of Atmospheric Physics of the Russian Academy of Sciences with the support of the Russian Science Foundation (grant No. 14-17-00806). An attempt was made for general analysis of the intense atmospheric vortices hierarchy, including circumpolar vortices and atmospheric centers of action of the oceanic and continental scale, extratropical cyclones and anticyclones, including blocking anticyclones, tropical cyclones (hurricanes, typhoons), polar lows ("polar hurricanes"), tornadoes.

The book can be useful to a wide audience, including researchers, graduate and undergraduate students.



Книга издана при финансовой поддержке Российского Научного Фонда,  
проект № 14-17-00806.

© Институт Физики атмосферы им. А.М. Обухова  
Российской академии наук, 2018  
© Коллектив авторов, 2018  
© ООО «Издательство ГЕОС», 2018

# СОДЕРЖАНИЕ

<b>Введение</b> ( <i>И.И. Мохов</i> ) . . . . .	5
<b>Глава 1. Интенсивные вихри в атмосфере (наблюдения и анализ данных)</b> . . . . .	6
<b>1.1. Центры действия атмосферы</b> ( <i>И.И. Мохов, А.В. Чернокульский, А.М. Осипов</i> ) . . . . .	6
<b>1.2. Блокирующие антициклоны</b> ( <i>И.И. Мохов, А.В. Тимажеев</i> ) . . . . .	24
<b>1.3. Внетропические циклоны и антициклоны</b> ( <i>М.Г. Акперов, И.И. Мохов</i> ) . . . . .	32
<b>1.4. Циклон-антициклонная асимметрия в атмосфере внетропических широт</b> ( <i>И.И. Мохов, М.Г. Акперов, М.А. Дембицкая</i> ) . . . . .	59
<b>1.5. Тропические циклоны и их трансформирование во внетропические</b> ( <i>И.И. Мохов</i> ) . . . . .	65
<b>1.6. Полярные мезоциклоны</b> ( <i>И.И. Мохов</i> ) . . . . .	72
<b>1.7. Смерчи</b> ( <i>М.В. Курганский, А.В. Чернокульский, Д.И. Захарченко</i> ) . . . . .	83
<b>1.8. Индексы смерчегенеза</b> ( <i>А.В. Чернокульский, М.В. Курганский, И.И. Мохов</i> ) . . . . .	102
<b>1.9. Вихревая активность и аномалии состава атмосферы</b> ( <i>С.А. Ситнов, И.И. Мохов</i> ) . . . . .	108
<b>Глава 2. Теоретические исследования атмосферных вихрей</b> . . . . .	131
<b>2.1. Масштабный анализ атмосферных движений</b> ( <i>М.В. Курганский</i> ) . . . . .	131
<b>2.2. Конечномодовые модели крупномасштабной циркуляции</b> ( <i>А.Е. Гледзер</i> ) . . . . .	139
<b>2.3. Центры действия атмосферы и их модели</b> . . . . .	162
2.3.1. МП-модель для центров действия атмосферы ( <i>И.И. Мохов</i> ) . . . . .	162
2.3.2. Гамильтонова динамическая система антиподальных точечных вихрей на вращающейся сфере ( <i>С.Г. Чефранов, И.И. Мохов</i> ) . . . . .	164
<b>2.4. Механизмы формирования атмосферных блокингов и их модели</b> . . . . .	181
2.4.1. МП-модель для атмосферных блокингов ( <i>И.И. Мохов</i> ) . . . . .	181
2.4.2. Уравнение Чарни–Обухова – блокинги ( <i>М.В. Курганский</i> ) . . . . .	183
2.4.3. Связь блокингов с транзиентными неустойчивостями ( <i>О.Г. Чхетиани, М.В. Калашиник</i> ) . . . . .	189
<b>2.5. Внетропические циклоны и антициклоны: механизмы генерации и модели</b> . . . . .	200
2.5.1. ММПХ-модель для внетропических циклонов и антициклонов ( <i>И.И. Мохов</i> ) . . . . .	200
2.5.2. Вероятности циклонов и режим Россби ( <i>М.В. Курганский</i> ) . . . . .	204
2.5.3. Негеострофическая модель бароклинной неустойчивости ( <i>М.В. Калашиник</i> ) . . . . .	206
2.5.4. Формирование фронтов и струйных течений при геострофическом приспособлении в атмосфере. Характерные масштабы и горизонтальная асимметрия струйных течений ( <i>М.В. Калашиник, О.Г. Чхетиани</i> ) . . . . .	222
2.5.5. Циклон–антициклонная асимметрия . . . . .	239
2.5.5.1. Механизмы и эффекты ( <i>М.В. Калашиник, О.Г. Чхетиани, А.А. Хапаев</i> ) . . . . .	239

2.5.5.2. Нелинейное затухание квазидвумерных вихревых течений (М.В. Калашиник, О.Г. Чхетиани) . . . . .	252
2.5.6. Концептуальные вихреразрешающие модели (В.М. Гряник, И.И. Мохов) . . . . .	263
<b>2.6. Тропические циклоны и полярные мезоциклоны: критерии и механизмы возникновения . . . . .</b>	<b>273</b>
2.6.1. Комплексный критерий возникновения тропических циклонов и полярных мезоциклонов (Г.С. Голицын, И.И. Мохов) . . . . .	273
2.6.2. Полярные мезоциклоны (М.В. Курганский) . . . . .	276
2.6.3. Гидродинамические модели зарождения и интенсификации тропических циклонов . . . . .	284
2.6.3.1. Конвективная неустойчивость слоя влажной атмосферы. Зарождение локализованных конвективных вихрей (М.В. Калашиник) .	285
2.6.3.2. Аналитическая модель интенсификации тропического циклона (М.В. Калашиник) . . . . .	296
2.6.4. Связь интенсивности и длительности тропических циклонов (И.И. Мохов) . . . . .	308
<b>2.7. Модели смерчеобразных вихрей . . . . .</b>	<b>311</b>
2.7.1. Простая модель смерчеобразных вихрей (М.В. Курганский) . . . . .	311
2.7.2. Простейшая модель смерча (М.В. Курганский) . . . . .	320
2.7.3. Перемешивание, вращение, осцилляции, и КПД при фазовых переходах в вихревых образованиях в облачных системах (Е.Б. Гледзер) . .	323
<b>Глава 3. Лабораторное моделирование интенсивных атмосферных вихрей . . . . .</b>	<b>339</b>
<b>3.1. Зональные потоки, волны Россби и блокирование переноса вихрей     в лабораторных экспериментах с вращающимися кольцевыми канала-     ми (А.Е. Гледзер, Е.Б. Гледзер, А.А. Хапаев, О.Г. Чхетиани) . . . . .</b>	<b>339</b>
<b>3.2. Струйные течения и режимы суб- и суперротации в лабораторных     экспериментах (А.Е. Гледзер, Е.Б. Гледзер, А.А. Хапаев, О.Г. Чхетиани) . . . .</b>	<b>356</b>
<b>3.3. Крупномасштабные структуры, вихри и струи в численных     экспериментах с уравнениями мелкой воды во вращающихся коль-     цевых каналах (А.Е. Гледзер) . . . . .</b>	<b>377</b>
<b>3.4. Моделирование условий образования смерчеподобных и урага-     ноподобных вихрей во вращающейся жидкости (В.А. Довженко) . . . . .</b>	<b>391</b>
<b>Глава 4. Модельные оценки вихревой активности в атмосфере при климатических изменениях . . . . .</b>	<b>398</b>
<b>4.1. Изменения характеристик центров действия атмосферы     (И.И. Мохов, А.В. Чернокульский, А.М. Оситов) . . . . .</b>	<b>398</b>
<b>4.2. Изменения активности атмосферных блокингов (И.И. Мохов,     А.В. Тимажеев) . . . . .</b>	<b>404</b>
<b>4.3. Изменения характеристик внетропических циклонов и антицик-     лонов (М.Г. Акперов, И.И. Мохов) . . . . .</b>	<b>408</b>
<b>4.4. Тропические циклоны: тенденции изменений (И.И. Мохов) . . . . .</b>	<b>429</b>
<b>4.5. Полярные мезоциклоны: тенденции изменений (И.И. Мохов) . . . . .</b>	<b>432</b>
<b>4.6. Изменения смерчегенеза (А.В. Чернокульский, М.В. Курганский,     И.И. Мохов) . . . . .</b>	<b>434</b>
<b>Литература . . . . .</b>	<b>439</b>