

557.4

16-11



Б.В. Левин, М.А. Носов

ФИЗИКА  
ЦУНАМИ

Б.В. Левин, М.А. Носов

# ФИЗИКА ЦУНАМИ

И РОДСТВЕННЫХ ЯВЛЕНИЙ  
В  
ОКЕАНЕ



Москва  
«Янус-К»  
2005



Издание осуществлено при финансовой поддержке  
Российского фонда фундаментальных исследований  
Проект №04-05-78027

УДК 551.466+550.344  
ББК 26.2  
Л 11

Левин Б.В., Носов М.А. **Физика цунами и родственных явлений в океане**. Научное издание. – М.: «Янус-К», 2005. С.360.

ISBN 5-8037-0312-5

Монография представляет собой детальное изложение современных воззрений о цунами, моретрясениях и связанных с ними явлениях в океане. Описываются современные представления о физических механизмах генерации цунами подводными землетрясениями, оползнями, вулканическими извержениями, падением в океан метеоритов и атмосферными явлениями. Изложены базовые представления о распространении цунами в открытом океане и накате волн на берег. Отдельная глава посвящена способам регистрации волн цунами, включая методы спутниковой альтиметрии и геоморфологический анализ следов палеоцунами. Уделяется внимание нелинейным эффектам в эпицентральной зоне подводного землетрясения (моретрясения, интенсификация вертикального обмена, нелинейный механизм генерации цунами). Книга предназначена для исследователей, специализирующихся в области геофизики, а также для преподавателей вузов, студентов и аспирантов.

*Boris W. Levin, Mikhail A. Nosov. PHYSICS OF TSUNAMIS AND KINDRED PHENOMENA IN OCEAN.* – Moscow, «Janus-K», 2005. С.360.

The book contains general information on the tsunamis, seaquakes and other related catastrophic oceanic phenomena. We describe up to date models of tsunami generation by a submarine earthquake, landslide, volcanic eruption, meteorites impact, and moving atmospheric pressure front. Also, we consider models of tsunami propagation and run-up. A special attention is paid to the existing and perspective methods of tsunami monitoring including satellite altimetry and study of paleotsunamis. Non-linear phenomena in tsunami source are considered in context of their contribution in wave amplitude and intensification of the vertical exchange in ocean. The last decade resulted in a significant progress in tsunami research, monitoring and mitigation. This book is intended to summarize state of the art knowledge on the tsunamis and related phenomena in ocean from the physical point of view. It is addressed to tsunami researchers and experts, to a wide range of geophysicists and students who are interested in tsunamis and related phenomena.

*Рецензент:*

доктор физ.-мат. наук, профессор Е.Н. Пелиновский

© Левин Б.В., Носов М.А., 2005

---

**Научное издание**

*Левин Б.В., Носов М.А.*

**Физика цунами и родственных явлений в океане**

Оригинал-макет подготовлен Рокотян В.Е.

Сдано в набор 5.07.2005. Подписано в печать 20.12.2005.  
Формат 60x88/16. Бумага офсетная №1. Печать офсетная.  
Уч.-изд л. 25. Физ.п.л. 22,5. Тираж 500. Заказ N 8005

«Янус-К».

Лицензия на издательскую деятельность ИД №05875 от 21.09.2001.  
109316, Москва, ул. Стройковская, д.12, корп.2.

Отпечатано в ФГУП «Производственно-издательский комбинат ВИНТИ»,  
140010, г. Люберцы, Октябрьский пр-т, 403. Тел. 354-21-86

ISBN 5-8037-0312-5



---

ISBN 5-8037-0312-5

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение . . . . .	6
<b>Глава 1. Общие сведения о цунами, моретрясениях и других катастрофических явлениях в океане . . . . .</b>	<b>11</b>
1.1. Цунами. Определение понятий . . . . .	12
1.2. Проявления цунами на побережье . . . . .	15
1.3. Магнитуда и интенсивность цунами . . . . .	20
1.4. Служба предупреждения о цунами. Принципы и методы . . . . .	28
1.5. Базы данных и статистика цунами . . . . .	31
1.6. Моретрясение. Общие представления . . . . .	34
1.7. Гидроакустические сигналы при подводных землетрясениях . . . . .	37
1.8. Волны-убийцы в океане . . . . .	39
<b>Глава 2. Физические процессы в очаге цунами сейсмотектонического происхождения . . . . .</b>	<b>43</b>
2.1. Сейсмотектонический источник цунами: основные параметры и вторичные эффекты . . . . .	43
2.2. Общее решение пространственной задачи о возбуждении гравитационных волн в слое несжимаемой жидкости малыми деформациями дна . . . . .	59
2.2.1. Прямоугольные координаты (59). 2.2.2. Цилиндрические координаты (62).	
2.3. Плоские задачи о возбуждении цунами деформациями дна . . . . .	66
2.3.1. Построение общего решения (66). 2.3.2. Поршневая и мембранная подвижки (71). 2.3.3. Бегущая и поршневая подвижки (81). 2.3.4. Осциллирующее дно (90).	
2.4. Генерация пространственных волн цунами и особенности движения дна в источнике . . . . .	96

<b>Глава 3. Роль сжимаемости воды и нелинейных эффектов в формировании цунами</b> . . . . .	111
3.1. Возбуждение цунами с учетом сжимаемости воды . . . . .	111
3.1.1. Предварительные оценки (111). 3.1.2. Общее решение задачи о возбуждении упруго-гравитационных волн в жидкости малыми деформациями дна (115). 3.1.3. Поршневая и мембранная подвижки (119). 3.1.4. Бегущая подвижка (126). 3.1.5. Особенности возбуждения волн в бассейне переменной глубины (130). 3.1.6. Упругие колебания водного слоя в очаге цунами Токачи-Оки, 2003 (139).	
3.2. Нелинейный механизм генерации цунами . . . . .	149
3.2.1. Базовые математические модели (150). 3.2.2. Нелинейный механизм генерации цунами колебаниями дна в несжимаемом океане (154). 3.2.3. Нелинейный механизм генерации цунами с учетом сжимаемости воды (163).	
 <b>Глава 4. Физика формирования цунами источниками несейсмического происхождения</b> . . . . .	170
4.1. Генерация цунами оползнями . . . . .	170
4.2. Возбуждение цунами при вулканических извержениях. . . . .	185
4.3. Метеоцунами . . . . .	193
4.4. Космогенные цунами . . . . .	207
 <b>Глава 5. Распространение цунами в океане и взаимодействие с побережьем</b> . . . . .	220
5.1. Традиционные представления о задаче распространения цунами . . . . .	220
5.2. Численные модели распространения цунами . . . . .	238
5.3. Набегание цунами на берег . . . . .	249
 <b>Глава 6. Способы регистрации волн цунами</b> . . . . .	256
6.1. Использование мареографов и придонных датчиков давления . . . . .	256
6.2. Измерения высот заплеска волн цунами на береговых откосах. Обнаружение следов палеоцунами . . . . .	264
6.3. Регистрация цунами в открытом океане спутниковыми радиовысотометрами . . . . .	268
 <b>Глава 7. Моретрясения: анализ явлений и моделирование</b> . . . . .	278
7.1. Проявления моретрясений. Описания очевидцев и инструментальные наблюдения . . . . .	280

---

7.1.1. Исторические свидетельства (280). 7.1.2. Анализ исторических свидетельств и физические механизмы вертикального обмена (300). 7.1.3. Инструментальные наблюдения изменений температурных полей в океане после землетрясения (305).	
7.2. Оценка возможности разрушения устойчивой стратификации в океане при подводном землетрясении . . . . .	310
7.3. Параметрическая генерация поверхностных волн при подводном землетрясении . . . . .	322
7.4. Экспериментальное изучение волновых структур и трансформации устойчивой стратификации в жидкости при колебаниях дна . . . . .	326
Список литературы . . . . .	337