



# Оглавление

Предисловие.....	11
Часть I. Физика.....	15
Глава 1. Волны.....	16
Как образуются волны.....	16
Свойства волн.....	18
Два состояния моря.....	19
Какая большая волна!.....	20
Волна на волне.....	21
Когда волна разбивается.....	23
Их называют бурунами.....	24
Между Луной, Солнцем и приливами.....	26
Возможно ли в Италии цунами?.....	28
Глава 2. Почему мы держимся на воде (и идем ко дну).....	30
Эврика! Оно держится на воде!.....	30
Как нам удается держаться на воде?.....	32
Секрет всплывающих утопленников.....	33

Глава 3. Физические свойства доски для серфинга .....	38
Стоя на доске для серфинга .....	38
История серфинга .....	40
Лучшие в мире места для серфинга.....	40
Глава 4. Органы чувств под водой .....	44
Взгляд под воду.....	44
Плавание звуковых волн .....	48
Глава 5. Морские течения.....	54
Узнай свое течение .....	54
Реки в океане: поверхностные течения .....	58
Подводные реки: глубинные течения.....	61
<b>Часть II. Химия .....</b>	<b>73</b>
Глава 6. Почему морская вода соленая? .....	74
Откуда в море берется соль .....	74
Вся соль — в морских водах.....	75
Моря будут становиться все более солеными?....	76
Глава 7. Качественное море.....	78
Прозрачное — значит, чистое? .....	78
Фоторобот здорового моря.....	79
Глава 8. Как действуют солнцезащитные кремы....	84
Обжигающие лучи.....	84
Тщательно мажьтесь солнцезащитным кремом....	89

Глава 9. На море мы и правда дышим йодом? .....	96
Йод в воздухе .....	96
Продукты, богатые йодом .....	97
Йод, как мне тебя не хватает! .....	98
Глава 10. Когда жалит медуза .....	99
Только не мочой! .....	99
Медуза — это лишь фаза жизненного цикла стрекающих .....	102
Медузы мира .....	104
Глава 11. Раковина крепкая, как мрамор .....	109
Строители раковин .....	109
Строение раковины .....	110
Когда раковина ломается .....	113
Как образуется жемчужина .....	113
Часть III. Биология .....	117
Глава 12. Почему нельзя пить морскую воду .....	118
Проблема баланса .....	118
Рыбы, которые пьют .....	121
Глава 13. Можно ли купаться сразу после еды? .....	122
Мускулы, вода и пищеварение .....	122
Сколько переваривается пища .....	123
Что значит тонуть .....	125

Глава 14. Все, что нужно знать о загаре .....	130
Дорогой друг меланин .....	130
Многообразие фототипов .....	132
Что значит сгореть на солнце .....	134
Опухоли кожи.....	135
Советы для идеального загара .....	138
Глава 15. Кто живет в море в подвешенном состоянии.....	142
Планктон, дрейфующий по течению.....	142
Нектон и морские пловцы.....	144
Глава 16. Кто живет на дне океана.....	152
Водоросли — не растения .....	152
Между берегом и дном океана .....	154
Глава 17. Что происходит при погружении под воду .....	159
Погрузиться, задержав дыхание .....	159
На глубину с кислородными баллонами .....	162
Часть IV. Окружающая среда.....	171
Глава 18. Как образуются пляжи.....	172
Рождение пляжа.....	172
Разноцветные пляжи .....	174
Песок — камешки — глина.....	176
Из чего состоит пляж.....	179
Золотые правила пляжа.....	180

Как меняется пляж .....	182
Когда пляж отступает .....	185
Самые красивые пляжи мира.....	189
Глава 19. О ветрах на суше и на море.....	194
Как образуется ветер.....	194
Какой прекрасный бриз! .....	196
Ветры мира.....	198
Глава 20. Как опознать облака .....	202
Что такое облака .....	202
У каждого облака свое название .....	203
Глава 21. Морской шторм .....	209
Сила ветров.....	209
Циклон? Берите зонтик!.....	213
Как образуется ураган.....	214
Глава 22. Мусор на пляже.....	217
Отходы повсюду.....	217
Цена отходов .....	219
Благодарности .....	222



# Предисловие

Каждый раз, представляя пляж моего детства, я вспоминаю девяностые годы, побережье Тосканы и конкурс песочных замков. Ребенком я обожал рыть канавы, строить башни и украшать их пригоршнями мокрого песка, который вытекал из зажатого кулачка, создавая неповторимые витиеватые узоры. Полет фантазии помогал мне возводить сложные многоэтажные здания. Конечно, в реальности они почти никогда не достигали высоты воображаемых, тем не менее я проводил за этим занятием долгие часы, лежа на песке под солнцем. Увы, в детстве я легко обгорал, мой нос и щеки всегда были в белых пятнах солнцезащитного крема, поэтому я чаще проводил время в теньке за чтением комиксов или в воде, куда я погружался непременно в очках, зачарованный подводным миром, звуки и цвета которого совсем не такие, как на поверхности.

Из подобных воспоминаний и родилась эта книга: из далекого прошлого; из летних пляжей и детского любопытства; из постоянной жажды знаний и готовности к знакомству с неизведанным; из постоянных «почему?», задаваемых с огромным интересом — отчасти чтобы скоротать время, отчасти чтобы понять, как устроен мир. Мне очень повезло с родителями, которые всегда



дружили с наукой. Благодаря их ответам мне открылся мир, состоящий из законов, причин и следствий. Мир, наполненный физикой, медициной, химией и биологией. Научные тайны кроются в каждой сфере повседневной жизни, но именно на каникулах, когда одолевает безделье и скука становится сильнейшим импульсом к открытиям, в нас пробуждается любопытство.

Эта книга посвящена той любознательности, которая в полной мере проявляется во время пляжного отдыха. И написана она, чтобы приоткрыть перед вами маленькое окно, через которое можно разглядеть целую загадочную вселенную. Вам необязательно читать книгу от первой до последней страницы. Плывайте по течению, ведь всегда есть возможность вернуться назад или переключиться вперед с одной темы на другую, следуя той нити повествования, которую вы предпочтете. Общая картина, которую вы сможете увидеть в конечном итоге, включает четыре части («Физика», «Химия», «Биология» и «Окружающая среда»), но пусть такая структура не вводит вас в заблуждение: в каждой главе вы найдете вкрапления из самых разных научных дисциплин.

Представьте, что эта книга — прекрасный день, проведенный на пляже. В разделе, посвященном физике, мы с вами перенесемся на курорт и тут же искупаемся в море: исследуем мир волн и раскроем секрет всплывающих утопленников, объясним, почему наше восприятие под водой изменяется, и узнаем, как сопротивляться течению. А как только выйдем из воды, сразу же попробуем построить идеальный песочный замок.

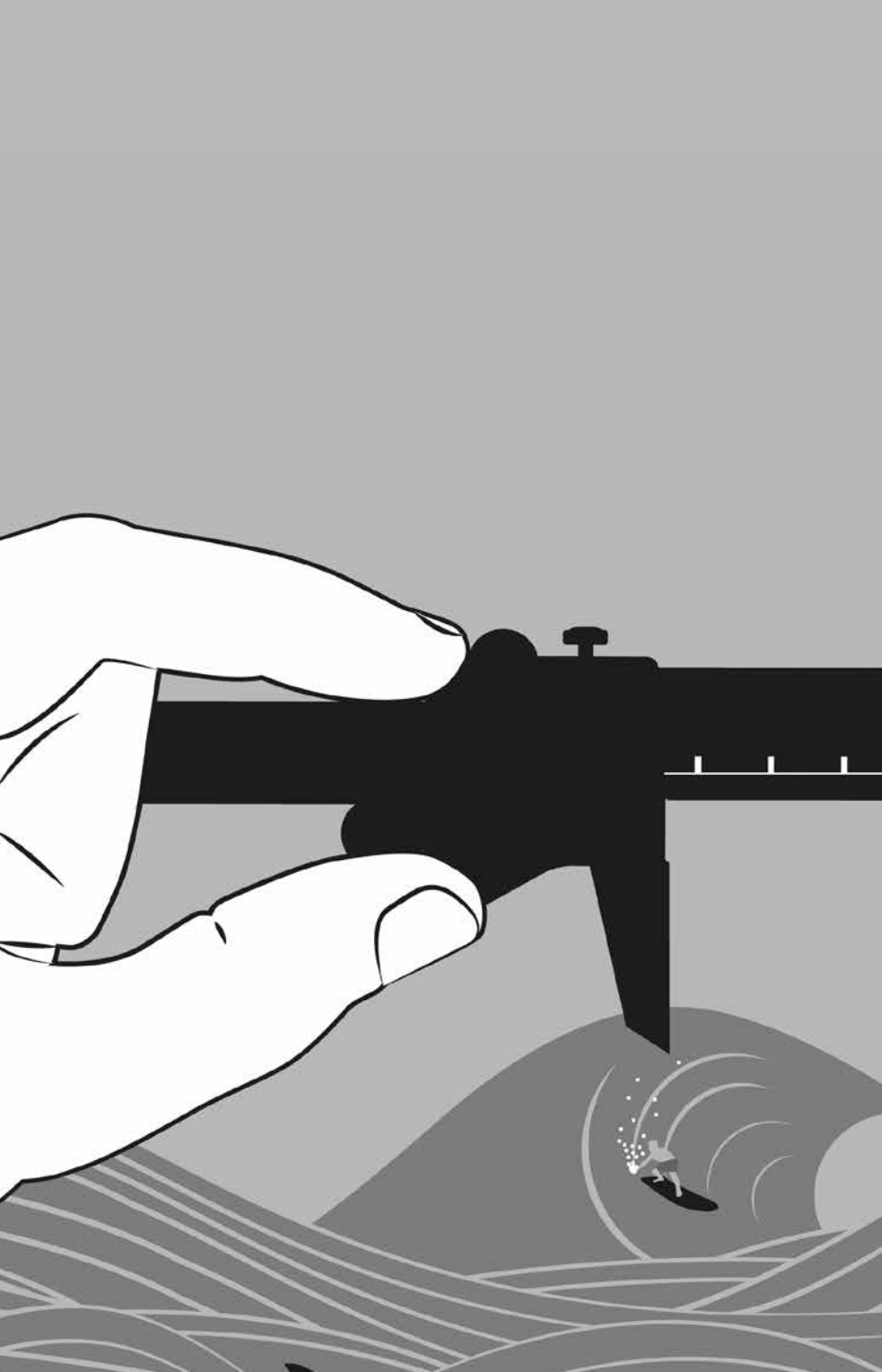
Однако нужно помнить, что вредно находиться на солнце слишком долго. Лучше укрыться в тени, посреди всевозможных химических элементов, чтобы исследовать действие солнцезащитного крема и происхождение

морских ракушек. Мы с вами рассмотрим молекулы морской воды в микроскоп и узнаем, почему она такая соленая и насколько она чистая. Вместе мы выясним, что делать, если вас ужалила медуза, и разоблачим теорию о том, что на море мы дышим йодом.

После легкого обеда устроим небольшой перерыв перед очередным заплывом и заодно проверим свои знания по биологии. Время пролетит незаметно, пока мы будем разбираться, в чем секрет идеального (и безопасного для кожи) загара и почему нельзя пить морскую воду. Наконец, мы вновь нырнем, чтобы исследовать жизнь морских глубин. Спускаясь все ниже и ниже, мы будем наблюдать, как по мере погружения изменяется наше тело.

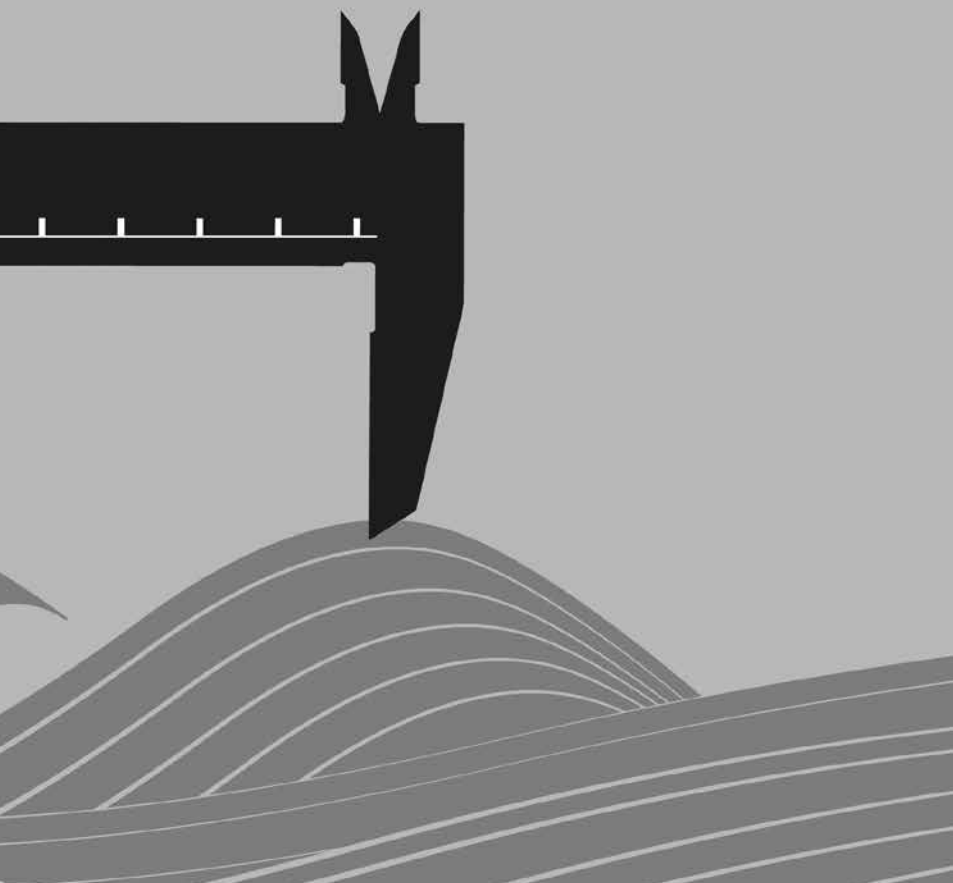
Вернувшись на берег, мы приступим к изучению окружающей среды — узнаем, как рождается и изменяется пляж под действием ветров и морских бурь. После шторма немного передохнем: растянувшись на песке, понаблюдаем за небом и изучим все проплывающие над нами облака.

Но вот и вечер наступил — пора покидать пляж. Постараемся оставить его безупречно чистым и уберем за собой весь мусор. А под конец оглянемся назад и, случайно увидев падающую звезду, воспользуемся шансом и пожелаем себе, чтобы время, проведенное за чтением этой книги, было приятным.



Часть I

# Физика



## Волны

**Б**лизость моря легко ощутить даже с закрытыми глазами — достаточно лишь прислушаться. Своим размеренным плеском или громким шумом волны всегда напоминают нам о том, насколько динамичен пляж по своей сути. Но откуда берутся волны? Почему иногда море кажется гладким, как поверхность стола, а иногда на нем поднимается настоящая буря? Ответ кроется, как поет Боб Дилан, «в дуновении ветра». Именно ветер несет ответственность за постоянное движение воды в морях и океанах.

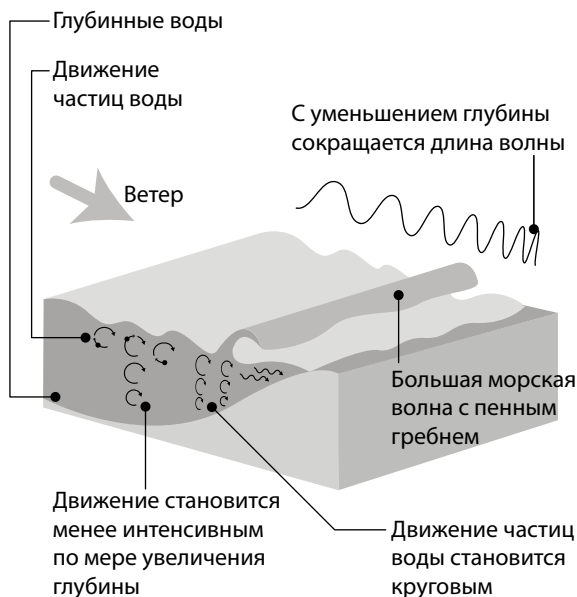
### Как образуются волны

Если бы ветер не воздействовал на море, в природе существовала бы только неподвижная гладь воды, как в луже, образовавшейся после ливня. Достаточно, однако, наклониться над такой лужей и легонько подуть на нее сверху, чтобы на поверхности появилась рябь и возникли маленькие волны: они начнут распространяться от того места, где вода была потревожена дуновением, и дойдут до самых краев лужи.

На море происходит то же самое. Волны — один из важнейших факторов, определяющих природу пляжа, так как они переносят энергию. Ветер, дующий над морем,

передает свою энергию поверхности воды посредством трения. И эта энергия, переданная воде в открытом море, в конце концов достигнет берега. В открытом море поверхность водных масс редко бывает неподвижной — обычно создается легкая рябь, которая распространяется в разные стороны, готовая усилиться вслед за повышением скорости ветра. Чем сильнее и продолжительнее воздействие ветра, тем больше энергии передается воде, тем больше становятся волны и тем дальше перемещаются.

Нужно учитывать, что передается именно энергия, а не материя, поскольку отдельные молекулы воды практически не совершают поступательного движения. Поясню это явление на простом примере. Положите обе руки на стол, поднимите правую и легонько постучите

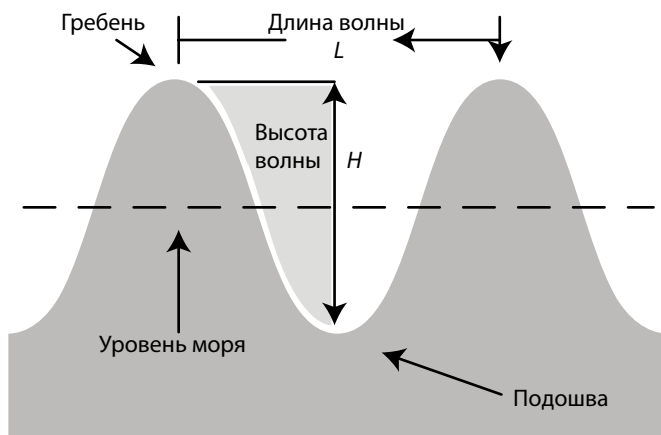


**Рис. 1.** Волны и берег

пальцами по поверхности стола в разных местах. Левая рука почувствует вибрацию: это энергия, которая распространилась до нее от того места, где вы ударили по столу. Похожая ситуация складывается и в открытом море, когда ветер подталкивает молекулы на поверхности воды, чтобы они совершили круговое движение вниз, чему способствует сила тяжести, и затем вернулись в прежнее состояние (рис. 1). Это движение распространяется вглубь, уменьшаясь до тех пор, пока полностью не исчезнет; а движение, которое продолжается в направлении ветра, — это волна, порожденная колебаниями воды.

## Свойства волн

Как и любая уважающая себя волна, будь то световая или звуковая, морская волна имеет несколько основных характеристик (рис. 2): высоту, длину и период.



**Рис. 2.** Характеристики волны

*Высотой* волны называют расстояние от вершины гребня (самой высокой точки) до подошвы (самой низкой). Во время шторма в открытом пространстве Средиземного моря можно встретить волны высотой более 8 метров.

Расстояние между двумя вершинами (или двумя подошвами) — это *длина* волны. Скажем, длина цунами может растягиваться на сотню километров.

И наконец, *период* волны — это интервал времени между прохождением двух следующих друг за другом вершин (или подошв) через зафиксированную точку пространства.

У более быстрых волн период будет короче, вплоть до нескольких секунд, а у более медленных, например у приливных, обычно составляет немногим более 12 часов.

## Два состояния моря

Море всегда в движении, но даже невооруженным глазом можно различить два его состояния. Когда дует ветер, поверхность воды взбудоражена, по ней мчатся маленькие быстрые волны, возникает мелкая рябь. В этом случае речь идет о морском *волнении* (табл. 1).

**Таблица 1.** Оценка состояния моря по шкале Дугласа

Волнение в баллах	Состояние моря (описательный термин)	Средняя высота волн, м
0	Совершенно спокойное море	—
1	Спокойное море	0–0,10
2	Слабое волнение	0,10–0,50
3	Легкое волнение	0,50–1,25

Продолжение ➔



## Окончание таблицы 1

Волнение в баллах	Состояние моря (описательный термин)	Средняя высота волн, м
4	Умеренное волнение	1,25–2,50
5	Неспокойное море	2,50–4,00
6	Крупное волнение	4,00–6,00
7	Сильное волнение	6,00–9,00
8	Жестокое волнение	9,00–14,00
9	Исключительное волнение	Более 14,00

Второе состояние называется *мертвой зыбью*. Ее можно наблюдать, когда воздух неподвижен, но на поверхности воды видны волны, которые появились из-за прошедшего ранее ветра или шторма, бушующего вдалеке. В этом случае волны будут находиться на большом расстоянии друг от друга и, соответственно, их период будет продолжительнее.

## Какая большая волна!

От чего зависит размер волны? Как я уже сказал, прежде всего он определяется силой морского ветра и его продолжительностью. Но есть еще один фактор, который следует принимать во внимание, — *площадь воздействия*. Этот термин означает часть поверхности открытого моря, где ветер может дуть непрерывно, с постоянной скоростью и в одном направлении. Например, на озере площадью всего несколько сотен метров волны будут очень скромных размеров. Для того чтобы ветровые волны выросли большими, им требуется много километров свободного пространства, а также ветер, который дует со скоростью до сотни километров в час в течение нескольких часов или даже дней.

## Волна на волне

Теперь мы знаем, как появляются волны. Но как они себя ведут? Посреди моря встречаются довольно крупные волны, образовавшиеся в результате далеких штормов, которые пригнали волны с разных сторон.

Когда эти волны сталкиваются между собой, в игру вступает явление, называемое в физике *интерференцией*. Из двух волн образуется новая, высота которой в каждой точке равна сумме амплитуд двух первоначальных волн в этой точке.

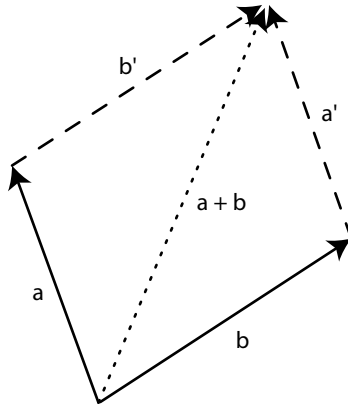
Если у обеих волн амплитуда положительная или отрицательная (ниже или выше уровня спокойного моря), то их значения суммируются. Если амплитуда одной положительная, а другой отрицательная, то значения вычитаются.

Возьмем для примера две волны одинаковой высоты и с равным периодом, да еще и совпадающие по фазе (вершины гребней и подошвы двух волн накладываются друг на друга): в точке, где они встретятся, образуется волна, высотой вдвое превосходящая обе первоначальные (конструктивная интерференция).

Если же две волны находятся в противофазе (вершина гребня одной волны накладывается на подошву другой, и наоборот), при столкновении они погасят друг друга, и море в том месте вернется в спокойное состояние (деструктивная интерференция).

В каком направлении будет двигаться волна, образовавшаяся после такого столкновения? Чтобы это понять, достаточно воспользоваться правилом параллелограмма (рис. 3). Для сложения двух волн нарисуем два вектора  $a$  и  $b$  — направленные отрезки, которые будут указывать направление волн (это направление вектора) и их скорость

(это длина вектора). Направление движения итоговой волны будет соответствовать диагонали такого параллелограмма. Этот способ называется сложением векторов.



**Рис. 3.** Сумма двух векторов

Волны могут вести себя и по-другому, что тоже легко объяснить с помощью законов физики. Например, понаблюдав за морем, мы можем заметить такие явления, как отражение, дифракция (огибание препятствий) и рефракция (преломление) волн.

Когда волна ударяется о препятствие, она *отражается* — отправляется обратно с углом отражения, равным углу падения, что сопровождается потерей небольшого количества энергии из-за силы трения.

Если же волна проходит через пространство более узкое, чем длина волны, например на входе в порт, она не может проследовать в заданном направлении и вынуждена рассеяться по кругу (эффект *дифракции*).

И наконец, волнам свойственна *рефракция* (преломление): с приближением к берегу их скорость снижается

из-за взаимодействия с дном, а высота увеличивается, пока они не разобьются о побережье.

## Когда волна разбивается

В фильме «На гребне волны», главные роли в котором исполнили Патрик Суэйзи и Киану Ривз, настоящим главным действующим лицом является *пиковая волна* (англ. *point break* — именно так называется картина в оригинале). Серфингистам хорошо знакомы такие волны: они образуются в местах, где волна внезапно сталкивается с мелким морским дном и шумно обрушивается. Сейчас вы поймете, почему так происходит.

Волна, как я уже упоминал, несет энергию, которую переняла от ветра, иногда распространяясь на несколько километров, и достигает берега. Наблюдая за морем с берега, вы должны понимать, что волна, приближающаяся издалека, меняется на своем пути (см. рис. 1): когда уменьшается расстояние до морского дна, сила трения увеличивается и нижняя часть волны замедляется. Волна начинает «ощущать» дно, когда глубина составляет менее половины ее длины. По закону сохранения энергии волна становится выше, но вместе с тем короче, и так продолжается до тех пор, пока гребень не обгонит подошву и не разобьется. В этот момент высвобождается переносимая энергия.

Таким образом, по поведению волн можно предположить, каков рельеф морского дна в том или ином месте: если заметно, что волны разбиваются в открытом море, скорее всего, они встретили на пути какое-то препятствие. Вы когда-нибудь замечали, что на песчаном пляже волны разбиваются прямо перед *отмелью*? Теперь вы знаете, почему так происходит.