

НАБЛЮДЕНИЕ ЗА ВОЛНАМИ: ВВОДНЫЙ КУРС ДЛЯ НАЧИНАЮЩИХ



Однажды прохладным февральским днем мы с моей трехлетней дочкой Флорой празднично шагали, гуляя вдоль скалистого корнуоллского берега. Обычно такое время года как нельзя лучше подходит для наблюдений за облаками. Но в тот раз совсем нехотать распогодилось — на небе ни единого облачка. Мы забрались под скальный выступ. Сидя у самого края — впереди растянулся лишь нагоняющий тоску горизонт Атлантики, — мы невольно принялись разглядывать рыбь на воде. По крайней мере, я; Флору рыбь не интересовала — она увлеченно карабкалась по скользким валунам.

В тот день я не заметил ничего примечательного: рыбь совсем не походила на волны-«бочки», которые мчатся на большой скорости и ударяются о крутой мыс, разлетаясь тучей брызг. Не походила и на классические, мерно набегающие волны, гребни которых один за другим накатывают на берег, соблюдая строгий армейский порядок.

Потому как ни малейшей системы в движении волновой рыбь не наблюдалось. Гребешки, подобно пассажирам на оживленной станции в час пик, устремлялись в разных направлениях, сталкиваясь. Но, в отличие от пассажиров, проходили сквозь или поверх друг друга, сливались и раздвигались, появлялись и исчезали...





«Ах, боже мой! Я опаздываю».

Всматриваясь в их беспорядочное движение, я понял, что не в состоянии уследить за отдельным гребешком больше секунды. Едва я выбирал себе объект наблюдения, как несносный гребешок сливался с другим, шедшим в ином направлении. Ну а неизбежно отвлекался на третий, который накатывал через два предыдущих.

Все то время, пока мы с дочкой о чем-то говорили, мою голову одолевали вопросы: «Как появляются волны?», «Откуда берутся?», «Почему разлетаются брызгами?». Такие несерьезные вопросы скорее возникнут у маленького почемучки, однако задавался ими я, а не Флора.



Хотя интерес к волнам во мне пробудило, как ни странно, безоблачное синее небо, сейчас-то я понимаю — от облаков до волн один шаг. Невозможно долго смотреть на облака и не заметить, что своим внешним видом они обязаны волнам. Но не тем, которые перекачиваются по водной глади океана, а тем, которые образуются в бескрайней небесной вышине, среди воздушных потоков. Ведь атмосфера — не что иное, как тот же самый океан. Только не водный, а воздушный.

Океаны над и под горизонтом связаны самыми тесными узами. В Бытии говорится: сотворяя все сущее, Господь перво-наперво привел в движение моря:

Вначале сотворил Бог небо и землю.

Земля же была безвидна и пуста, и тьма над бездною, и Дух Божий носился над водою.⁽¹⁾

На следующий день:

И создал Бог твердь, и отделил воду, которая под твердью, от воды, которая над твердью.⁽²⁾

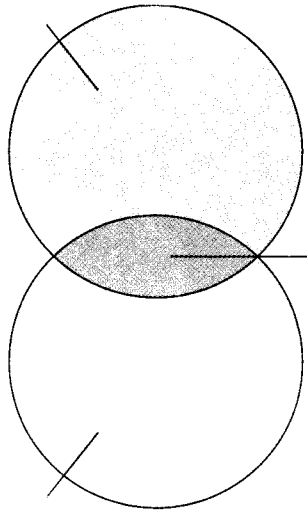
Иными словами, Господь отделил океаны внизу от облаков наверху воздушным простраством.

Тут прослеживается если и не общность происхождения неба и моря, то уж точно их близкородственная связь — рядовой наблюдатель за облаками, сам того не подозревая, является также и наблюдателем за волнами, поскольку облака зачастую рождаются под влиянием воздушных волн.

Воздушные волны принимают форму взмывающих и ныряющих ветров, которые сами по себе невидимы, но проявляются благодаря облакам. Причем облакам самых разных форм. К примеру, разновидность *undulatus*^{*} представляет

* *Undulatus* (лат.) — волнистые (прим. перев.).

ОБЛАСТЬ
ИНТЕРЕСОВ
НАБЛЮДАТЕЛЯ
ЗА ОБЛАКАМИ



ВОЛНИСТОЕ ОБЛАКО КЕЛЬВИНА-ГЕЛЬМГОЛЬЦА



Любители облаков и любители волн вместе любуются красотой волнистого облака Кельвина-Гельмгольца

собой либо протяженный облачный слой с волнистой поверхностью, либо параллельные полосы с просветами. Такие облака зарождаются в области сдвига ветра, которая возникает между воздушными потоками разных направлений или скорости. Волнистые облака, хотя и не могут похвастаться эффективностью, прекрасно демонстрируют волны в воздушной атмосфере.

А вот наиболее впечатляющий пример волн в небе — редкое и быстротечное волнистое облако Кельвина-Гельмгольца. Выглядит оно, это облачное образование с витиеватой фамилией, как длинная последовательность гребней волны или, как их называют серфингисты, «бочек», ну а если выра-

жаться точнее, завихренней. Облака Кельвина-Гельмгольца — самые яркие представители волнистых облаков; они образуются при движении двух воздушных слоев с разной скоростью и в противоположных направлениях — облачные волны перекрещиваются через самих себя.

Быстротечное облачное образование держится всего минуту-другую, после чего рассеивается. И хотя процессы образования этого облака имеют мало общего с процессами, в результате которых оксаническая волна разбивается о берег, совершенно очевидно, что оно попадает прямехонько в центр пересекающихся кругов Эйлера, обозначающих области интересов наблюдателя за облаками и наблюдателя за волнами.



Волнистое да и, если на то пошло, любое другое облако представляет собой скопление взвешенных частиц воды; что же такое океаническая волна? Наверняка ответ покажется вам очевидным: это движущийся «холм» воды. Если вы и впрямь так считаете, советуем вам присмотреться. В неспешности такого предположения легче всего убедиться, понаблюдав за тем, что происходит при столкновении волн с плавающим на поверхности воды предметом. Да вот хотя бы с пучком водорослей.

Я приметил один такой пучок, когда мы с Флорой уже собирались уходить — он вздымался и опускался, кружился в танце, увлекательнейшей спокойной водой у поверхности. При этом он походил не на торопливого пассажира, а на боксера в поединке. Гребни волн под пучком устремлялись в разных направлениях, поэтому он колебался, однако оставаясь на месте — волной его не отнесло.

Взобравшись на вершину скалы, мы увидели пассажирский корабль — он покачивался на волнах. Сверху волны виделись совсем иначе. Беспорядочное мельтешение гребней образовывало на поверхности воды рябь, в которой отражалась по-блескивающая дорожка солнечных лучей. Под искрящейся

рябью небольших волн можно было разглядеть гораздо более мощное, упорядоченное волнение, накатывавшее из атлантических глубин. Одна плавная волна следовала за другой в спокойном, умиротворяющем темпе; по моим предположениям, расстояние между двумя волнами равнялось 15–18 м. Этот караван солидных гребней разительно отличался от гребешков, беспокойно сплывающих по поверхности. Но и крошечные великаны прошли под пучком водорослей, не смыв его. Более того, на месте остался и рыболовный траулер, возвращавшийся с уловом, хотя, казалось бы, волны должны были увлечь его к берегу — именно так на их месте поступили бы водные течения. Очевидно, что масса воды, на которой покачивался траулер, после прохождения волны осталась на месте.

Но если ни эти волны, ни те, за которыми мы наблюдали, сидя под скальным выступом, нельзя назвать водой в движении, что же они такое? Что двигалось из открытого моря к берегу?



Ответ — энергия.

Вода — лишь транспортное средство, при помощи которого энергия из одной области перемещается в другую. Во-первых — та самая среда, через которую энергия проходит. Поверхность океана заряжается энергией; океан вполне можно представить как тело медузы, а энергию — как дух из потустороннего мира.

Хотя... так, да не совсем.

Скорее даже, совсем не так.

Но мне нравится представлять воду в образе старухи-медузы в лиловом балахоне, с большими, громко брнчающими ссрыгами, принимающей посетителей в дальней комнате. Старуха кладет узловатые руки на стол, а когда она встает, вместо нее уже говорит дух умершей бабушки. Глаза старухи закатываются, в уголках рта выступает пена; она утробным голосом вещает: «Тут

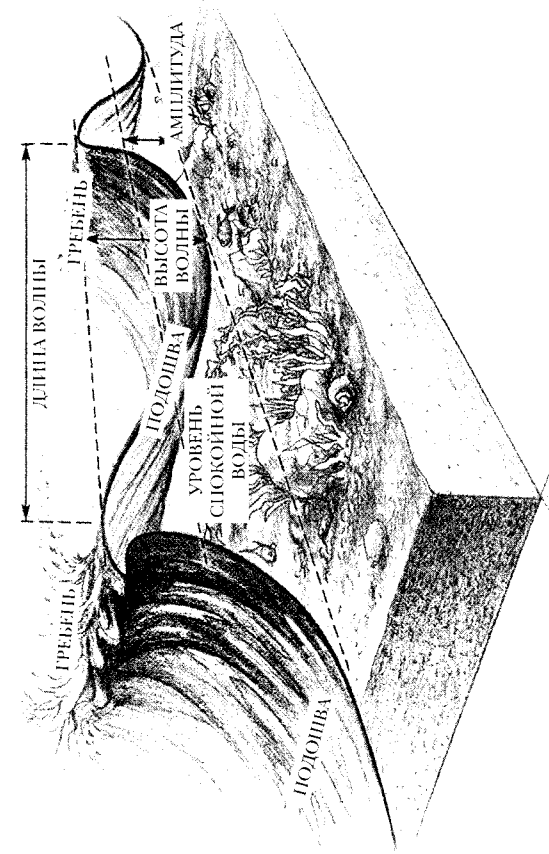
по телевизору и смотреть-то нечего». После чего дух покидает тело медузы — и старуха без сил валится в кресло, гребня позолотить ей ручку.

Понятно ли вам теперь, что океаническая волна — это энергия, проходящая через голшу воды? Или вы еще не разобрались? Вообще-то, воде в момент прохождения через нее энергии не свойственно подсакивать прямо вверх и обрушиваться прямо вниз (в отличие от старухи-медузы, в которую вселился дух). Если бы нам с Флорой случилось наблюдать за пучком водорослей далеко от берега, где мерно накатывают широкие волны, мы бы увидели, каким образом пучок двинется в моменты прохождения гребня и подошвы волны. Приближающаяся волна слегка притягивает пучок к себе. Подходящий гребень выносит его на поверхность и в самой верхней точке подъема немного протаскивает по ходу волны. Затем водоросли погружаются вниз, увлекаемые подошвой волны, и возвращаются практически на прежнее место. При волнении вода у поверхности моря перемещается по круговой траектории.

Не так-то просто представить, как вода остается на месте, а энергия движется дальше, поэтому, говоря о волне, я для наглядности буду обращаться к ее размерам. Едва заметная рябь отличается от гигантских волн цунами двумя категориями: высотой и так называемой длиной волны.

Высотой волны считается разница между гребнем и подошвой. Ученые в таком случае говорят об амплитуде. Обычно амплитуда представляет собой половину высоты волны, поскольку сравниваются уровень гребня волны и уровень спокойной воды; она удобней для схематического изображения волн. На мой взгляд, гораздо сподручнее измерять высоту волны от гребня до подошвы.

Длина волны — это расстояние от одного гребня, или пика, до другого. И хотя при слове «волна» мы чаще всего представляем единственный гребень воды (и используем термин для описания любого отдельно взятого пика), в океане одинокие волны не встречаются. Они неизменно путешествуют

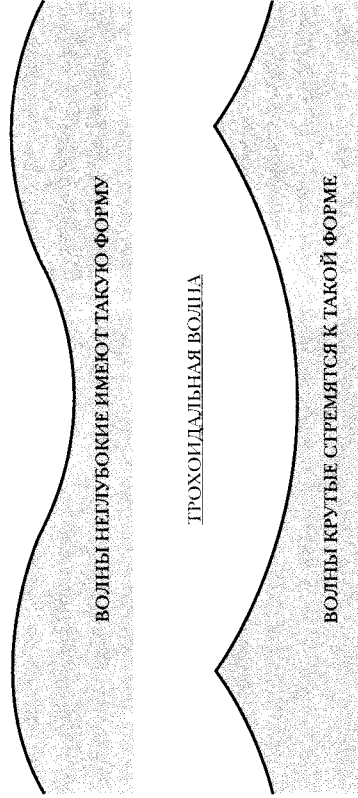


Как измерить океаническую волну

в компании, поэтому термином «волна» обозначают как один гребень, так и цуг гребней и подошв. Зачастую — мы это наблюдали, находясь под скальным выступом на корнуоллском берегу, — волнение на поверхности воды такое беспорядочное, что определить длину волны хотя бы приблизительно невозможно. Только обозревая с вершины скалы упорядочно двигающиеся широкие волны, можно сказать, на каком расстоянии друг от друга находятся гребни: на большом, когда один гребень удален от другого, или малом — гребни теснятся друг к дружке.

Эти две величины дают общее представление о размере волн в тот или иной момент, но вот об их движении ничего не говорят. А как вам авторитетно заявит любой серфингист, волны — и есть движение. Тут-то нам и пригодится такое понятие, как частота волны, — это количество гребней, проходящих через определенную точку (например, торчащую из воды жердь) в каждую секунду. Если говорить о мелкой ряби, какая образуется от брошенного в пруд камешка, то счет

СИНУСОИДАЛЬНАЯ ВОЛНА



Форма волны меняется в зависимости от steepности ее крутизны

проскакивающих определенную точку волн идет не на единицы, а на десятки. Однако нас не особенно интересуют настолько малые волны — едва заметная рябь не заставит серфингиста в азарте схватить свою доску, не причинит вред буровой вышке, на что способны гигантские валы. Нас интересуют волны, которые гораздо больше обычной ряби — один гребень следует за другим с интервалом в целых шесть-нацать секунд. В данном случае частота волны составляет одну шестнадцатую, то есть 0,0625 гребней в секунду. Но оперировать такими величинами неудобно, поэтому ход океанических волн измеряют в периодах; период — это всего-навсего количество секунд между двумя гребнями, проходящими через определенную точку.

К основным характеристикам океанической волны помимо размера и движения относятся еще и форма. Некоторым волнам, когда они вздымаются и опадают, присущи широкие, симметричные колебания, в профиле приближающиеся к синусоиде — она показана в верхней части схематического рисунка волн.

Большинство же волн имеют другую форму. Чем круче волна, тем менее она похожа на синусоиду. Скорее, ее форму можно назвать формой трохлоиды. Трохлоид симметрична лишь относительно вертикальной оси, ее остроконечные

ники отделяются друг от друга плавными подошвами. Однако крутая волна вовсе не обязательно будет большой. Те беспорядочные гребешки, которые мы с Флорой наблюдали под скальным выступом, были не скругленными, а заостренными. Определяющая форму волны крутизна зависит от высоты волны относительно ее длины, а вовсе не от общего размера. Даже маленькие волны, если они, что называется, едва не наступают друг дружке на пятки, будут крутыми и, следовательно, своей формой повторят трохойду.



Облака и океанские волны иногда похожи, но внешнее сходство — не единственное, что их роднит. На самом деле, прибойные волны, пускай и косвенно, принимают участие в формировании облаков. Когда гребни волн достигают берега и обрушиваются на самих себя, под воздействием турбулентности образуется бесчисленное множество крошечных

воздушных пузырьков, которые лопаются — и в воздухе образуется взвесь из мельчайших водяных капелек. Вода испаряется, а маленькие частицы соли так и остаются в воздухе; воздушный поток подхватывает их и увлекает в верхние слои атмосферы. Эти микроскопические частицы соли являются одними из самых эффективных ядер конденсации, формирующих большинство облаков — на них начинает оседать невидимый глазу водяной пар. В результате образуются крошечные капельки — низкие облака. Только не подумайте, будто прибойная волна способствуст образованию облаков прямо над собой — она способствуст лишь тому, что ядра конденсации, эти важные составляющие облака, всегда носятся в нижних слоях атмосферы.

Верно и обратное — облака, по крайней мере грозовые тучи, играют определенную роль в формировании волн. Это может показаться странным, особенно если вы, сидя в тени слегка кольшущейся пальмы на пляже какого-нибудь курортного местечка в экзотической стране, наблюдаете за лениво

*От волн
к облакам*

лирующим берег прибоем. Набегающая волна кажется спокойной, она напоминает мерное дыхание океана — непрерывную череду вдохов и выдохов. Однако под мягкую накачивающих волн скрывается их буйный нрав. Эти гости, такие кроткие и безмятежные у берега, зародились где-то далеко в открытом море и давным-давно стихшей.

Как возникают штормовые волны? И, если уж на то пошло, как беспорядочное мельтешение гребней преобразуется в стройные ряды волн, которые накачивают на берег, рассыпаясь брызгами у ваших ног? Чтобы ответить на эти вопросы, необходимо представить путь волн через океан, проследив каждую стадию их развития — от рождения в море до агонии «с пеной у рта» и кончины на берегу.

Весь жизненный цикл волн можно разбить на пять этапов: на каждом этапе волнам присущ неповторимый характер.



Начнем с самого начала — с рождения волны.

Волны образуются постоянно, на всей протяженности мирового океана, однако удобнее всего наблюдать их зарождение в тихой, спокойной обстановке, скажем, в небольшой морской акватории без всяких волнений. На самом деле таковой акватории не существует, но мы ее вообразим. Ближе всего к ней «конские широты» — штилевая полоса Атлантического океана между 30 и 33 градусами северной широты — в Северном и Южном полушариях и «унылые широты» — экваториальная штилевая полоса, расположенная по обе стороны от экватора — 5–10 градусов на север и на юг. Обе эти области отличаются слабыми, неустойчивыми ветрами. Так как именно ветер образует волны, порой в этих безветренных широтах волнение практически отсутствует. Однако у любого океана, даже в самую безветренную погоду, зеркально гладкая поверхность все же

*Нет моря
без волн*

волнуется — под влиянием едва ощутимых отголосков далеких штормовых волн.

Штилевые периоды в «конских широтах» могут продолжаться довольно долго — благодаря стабильно высокому давлению в этих областях. Считается, что название «конские широты» возникло в восемнадцатом веке: испанский торговый корабль вез в Новый Свет лошадей, но, чтобы сэкономить стремительно таявшие запасы воды, вынужден был от живого груза избавиться. И все-таки не будем ждать у моря погоды — облюбим себе акваторию в «унылых широтах». Вот как поэт Сэмюэл Колбридж описал в своем известном произведении слабые, нерешительные ветры этой области:

*За днями дни, за днями дни
Мы ждем, корабль наш спит,
Как в нарисованной воде
Рисованный стоит.*⁽³⁾

Название «унылые широты» говорит само за себя. Для этой области, в противовес «конским широтам», характерно низкое давление, а значит, удушливое, внушающее уверенный страх безветрие вскоре сменится совсем иной погодой — мягкие, едва заметные колебания на поверхности воды очень кстати подрастут.

Теплый, влажный воздух вокруг этого экваториального пояса вызывает довольно ощутимую атмосферную неустойчивость. Воздух быстро поднимается, влага конденсируется, образуя высокие грозовые тучи. Шквалы и штормы в области «унылых широт» возникают неожиданно, иногда перерастая в тропические циклоны невероятной разрушительной силы. Но нам с вами ничего столь губительного не нужно — для зарождения волн вполне сойдет гребневой шторм на море.

Капельки, которые образуются в растущих грозовых тучах, в момент конденсации вызывают нагревание воздуха —

он расширяется и, становясь легче, поднимается вверх. Таким образом, атмосферное давление на уровне моря резко падает, и образующуюся пустоту стремительно заполняет окружающий воздух. То есть появляется тот самый ветер, благодаря которому рождаются наши океанические волны. Он заменит первый этап их жизненного пути.

Как только скорость ветра увеличивается до пары узлов, иными словами до 0,6 м/с, потоки воздуха в результате трения оставляют на воде едва заметные следы. Крошечная, чуть выше сантиметра рябь гуляет по поверхности. Вскоре то тут, то там легкая рябь, похожая на россыпь бриллиантов — ее еще называют «кошачьи лапки» — начинает поблескивать на солнце — там, где, выражаясь словами викторианского поэта Алджернона Суинберна, «...над морем ветер пятками сверкал...»⁽⁴⁾ Приметив эту рябь еще издали, моряк уже знает — сейчас задует.

Эта рябь и есть новорожденные волны; они находятся в самом начале своего жизненного пути. С порывами ветра крошечные гребни то появляются, то исчезают; когда ветер усиливается, подросшие гребни уже беспрестанно будоражат водную поверхность.

Как и все маленькие дети, они доставляют своим родителям немало хлопот. С ростом волн трение между водой и воздушными потоками увеличивается — ветер уже не может скользить по океанической глади беспрепятственно. Крошечные завихрения образуются прямо над капиллярными волнами^{**}, в результате чего ветер воздействует на воду с разной силой. Маленькие волны с готовностью идут на контакт с воздушными потоками — там вырастает гребень, здесь опускается подонка, — увеличиваясь в размерах.

³ Перевод с англ. Максима Калинина.

^{**} Капиллярные волны — волны малой, менее 1,7 см, длины на поверхности жидкости (*фриск перла*).

Их рост — всегда результат столкновения сил. С одной стороны это сила ветра, понуждающая водную поверхность вздыматься и опадать, нарушая тем самым ее равновесие. С другой стороны — стремление воды противостоять такому воздействию: она пытается вернуться к прежнему состоянию спокойствия, в котором благостно пребывала в отсутствие ветра. Стремление это обусловлено двумя причинами: силой поверхностного натяжения воды и силой тяжести. Сила поверхностного натяжения противодействует малейшему натяжению поверхности у гребня и малейшему нагромождению у подошвы волны, в то время как сила тяжести тянет гребень волны вниз или (благодаря давлению воды) выталкивает подошву наверх. В своих стараниях вернуть воду к прежнему равновесному состоянию обе силы чересчур усердствуют: гребень продолжает погружаться и становится подошвой, а подошва продолжает подниматься, становясь гребнем. Но изначально, пока наши волны еще пребывают во младенчестве, сила поверхностного натяжения воды преобладает. Такое естественное сопротивление побуждающему воздействию ветра и заставляет маленькие волны перемещаться по поверхности.

Когда волны вырастают сантиметров до трех, они выходят из младенческого возраста — первый этап их жизненного пути завершается. Мы больше не называем их капиллярными волнами, теперь они — гравитационные, потому что вес воды — сила, с которой гравитация воздействует на воду, — оказывает на них преобладающее воздействие. Вес воды пересиливает ветер, стремясь вернуть воде спокойное состояние, но только усиливает молодые волны и приводит их в беспорядок.



Итак, наши волны, эти шумливые карапузы, прощаются с детством и вступают в следующую фазу развития — вырастают в неуправляемых подростков, по которым воспитатель-

ная колония плачет. По мере того, как усиливается ветер, стройные ряды капиллярных волн принимают совсем иной облик. Гребни и подошвы беспорядочно перемещаются: носятся туда-сюда, сталкиваются, лепят кубарем друг через друга — ни дать ни взять группа детсадовцев, неосмотрительно вверенная надзору того же неугомонного воспитателя. Это явление называется ветровыми волнами*. Термин обозначает волнующуюся поверхность воды — ветер хлещет по ней, отглавая все больше своей энергии. Если говорить о зарождающемся шторме, то ветровые волны — стадия, при которой волнение быстро и неуклонно возрастает.

*Карапузы
разбухивались*

В действительности скорость роста волн увеличивается за счет того, что под удары ветра попадают склоны особенно крупных экземпляров. Когда внутри одной акватории наблюдается мешанина из волн разной высоты и длины, трудно дать репрезентативную оценку их совокупным размерам. Было бы заблуждением описывать волны, ориентируясь лишь на самые высокие, поскольку — среди ветровых — волны выдающейся высоты появляются не так уж часто. Океанографы составляют шкалу или диапазон размеров волн, опираясь на так называемую значимую высоту волны. Это среднее для высот волн, рассчитываемое по трети наиболее высоких из них. Согласен, трудновато для понимания — фраза «высота наиболее высоких волн» куда как проще, — однако в действительности при наличии разброса волн по высоте такой метод расчетов удобнее и показательнее.

Вскоре значимая высота волн вырастает до метра и больше. Это уже не малая волна, это настоящие волны. И воздеиствует на такие волны не легкий бриз, а ураганный ветер. Маленькие шаловливые волны превратились в волны задиристые, неуправляемые, с крутыми склонами и острыми

Однако зачастую волнение называют просто «волнами», что лишь вносит путаницу.