

«Волны–убийцы» в океане. Мифы и реальность

Н. К. Шелковников*

Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова,
физический факультет, кафедра физики моря и вод суши
Россия, 119991, Москва, Ленинские горы, д. 1, стр. 2
(Статья поступила 10.11.2017; Подписана в печать 13.11.2017)

Приведены данные о наблюдении трансформации ветровых волн над банкой Ампер (Атлантический океан) и вдали от нее. Показано, что изменение высоты волн над банкой и вне ее зависит не только от величины и направления скорости ветра, но и от соотношения длины волны и глубины жидкости в месте наблюдений. Приведены измерения формирования уединенных волн под действием ветра в кольцевом канале.

PACS: 92.10.-x УДК: 552.466
Ключевые слова: «волны–убийцы»

Начальное понятие об уединенных волнах (УВ) на воде, используемое в настоящее время, было заложено Расселом при проведении наблюдений в прямых каналах. В итоге он установил, что имеет место постоянство скорости и неизменность формы отдельной уединенной волны, а так же зависимость ее скорости c от глубины канала H и высоты волны h , то есть

$$c = \sqrt{g(h + H)}. \quad (1)$$

Далее важным этапом в исследовании уединенных волн являлись измерения, проведенные 1 января 1995 г. в Северном море (56.5° с. ш., 3.2° в. д.) на Норвежской нефтяной платформе «Дропнер». Была зарегистрирована аномальная волна высотой 26 м, получившей название «новогодней волны». Глубина места в этом районе была 70 м, характерный период новогодней волны был 12 с, а ее длина — порядка 220 м. Наблюдаемую волну можно рассматривать как сильно нелинейную волну в условиях конечной глубины моря.

В последнее время, особенно после «новогодней волны», по мнению некоторых зарубежных и российских ученых принято считать, что в мировом океане якобы существует особый вид волн в виде «волн–убийц» (ВУ). Считается, что высота этих волн может достигать 30 м. Эти огромные одиночные волны возникают как бы «ниоткуда» и в считанные минуты исчезают «в никуда». Кроме того, ВУ возникают «сами по себе», как естественное явление. При этом не важно, есть ли ветер или нет его. Более того, ВУ могут возникать из-за нелинейного взаимодействия волн друг с другом (явление волнового хаоса). Также механизм формирования волны-убийцы сравнивается с механизмом фокусировки лазерного излучения в твердом теле, приводящим к его локальному разрушению. Считается, что ВУ могут возникать как на гладкой водной поверхности, так и от волн зыби. С другой стороны известно, что при любой степени волнения на поверхности воды

присутствуют волны разных периодов, имеющие различные скорости распространения. Накладываясь друг на друга, они образуют группы, в том числе волны в виде девятого вала, распространяющиеся со скоростью, отличной от скорости отдельных волн.

Ветровое волнение очень мало похоже на идеализированную картину. Ветер силой 12 узлов, действующий несколько часов подряд, разовьет столь крупные волны, что гребни их начнут разрушаться, образуя «барашки». При любой скорости ветра, однако, достигается некое равновесное состояние, выражающееся в явлении полностью развитого волнения, когда энергия, передаваемая ветром волнам, равняется энергии, теряемой при разрушении волн. Но для того, чтобы образовалось полностью развитое волнение, ветер должен быть продолжительное время и на большом пространстве. Пространство, подвергающееся воздействию ветра, называется областью разгона. Чтобы создать полностью развитое волнение, сильному ветру нужно быть дольше, чем слабому. Если область разгона недостаточно велика, волны могут выйти за ее пределы, прежде чем ветер завершит их развитие [1].

Прогнозы волнения — хорошо разработанный раздел океанографии. Установлена зависимость между минимальным временем ветрового действия и разгоном, которые необходимы для появления полностью развитого волнения при разных скоростях ветра. Ясно, что условия для полностью развитого волнения на большой части океана, как правило, не выдерживаются либо из-за недостаточности суммарной энергии, либо из-за того, что максимум энергии приходится на более короткие периоды, или же потому, что наличная энергия распределяется в более широком диапазоне частот.

Возвращаясь к «новогодней волне», следует отметить, что ее длина была больше глубины. Это соответствует понятию конечной глубины, и в этом случае волна начинает деформироваться, укрупняться и увеличивать свою амплитуду, то есть происходят процессы, характерные для гидродинамики в условиях мелкой воды. Таким образом «новогодняя волна» не подтвердила представление ученых о том, что она была волной–убийцей.

*E-mail:



Рис. 1: Атлантика, банка Ампер. Подготовка к проведению измерений лазерным доплеровским измерителем скорости течения

Существенное влияние на структуру волн оказывают топографические особенности морского дна в виде морских банок. Проведенные нами измерения с помощью лазерного доплеровского измерителя скорости (рис. 1) в Атлантическом океане с борта НИС «Академик Петровский» над вершиной банки Ампер показали наличие области со значительной степенью обособленности от окружающих ее водных масс. Глубина над вершиной банки составляла порядка 35–40 м, что позволяло кораблю во время измерений стоять на якоре. Существование этой области было обусловлено обтеканием достаточно высокого подводного препятствия и возникновением замкнутых линий тока. В однородной жидкости эта область имеет форму столба, занимающая всю толщу жидкости от поверхности препятствия до свободной поверхности. С течением времени движение внутри этой жидкости исчезает за счет трения о дно. Вместе с тем, уменьшение глубины жидкости H в области банки приводит к условию «мелкой воды» ($\lambda > H$) при котором поверхностными волнами захватывается вся область от поверхности до дна. Это означает, что одна и та же волна вне банки является «короткой», а над банкой — «длинной», с вытекающими отсюда последствиями: волны над банкой начинают укручиваться и расти, а по мере прохождения банки волновое поле опять оказывается в условиях глубокой воды и они начинают принимать свою обычную форму в соответствии с условиями вне банки. В процессе измерений поднявшееся волнение сорвало корабль

с якоря и отнесло на 2 км от банки, где глубина моря была уже более 100 м (условия глубокой воды), где волнение было спокойным. Этот факт свидетельствует о важности учета соотношения длины волны и глубины жидкости.



Рис. 2: Лабораторный кольцевой аэрогидроканал

Таким образом, рассмотренный процесс распространения волн над банкой и после нее приводит к заключению, что для постороннего наблюдателя огромная одиночная волна появлялась как бы «из ниоткуда» и исчезла «в никуда». Кроме того уединенная волна может «блуждать» по поверхности океана над топографической неоднородностью даже при относительно

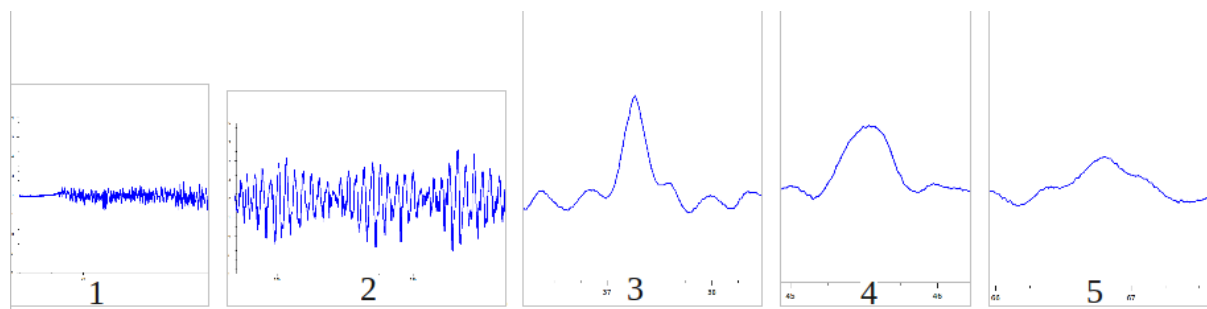


Рис. 3: Уединенная волна, возникающая под действием ветра и процесс ее затухания в кольцевом канале

слабом ветре.

Для более детального исследования механизмов формирования цугов волн в условиях глубокой воды и уединенных (одиночных) волн в условиях мелкой воды нами были проведены эксперименты в лабораторном кольцевом аэрогидроканале (рис. 2). Внешний и внутренний его диаметры составляли соответственно 202 см и 165 см, высота — 40 см. Регистрация волн проводилась с помощью АЦП–платы компьютера [3].

Были определены основные параметры волн, а также критерии, характеризующие условия, необходимые для возникновения ветровых уединенных волн [2]. Уединенные волны возникали при начальных глубинах невозмущенной жидкости $H \geq 15.5$ см (что соответствует высоте воздушного коридора ≤ 15.5 см). Конструктивные особенности канала ограничивали допустимые значения H величиной в 14 см, таким образом, нами наблюдались уединенные волны, возникавшие при глубине жидкости в диапазоне от 11.5 до 14 см.

Проведено исследование формирования ветровых уединенных волн в кольцевом канале (КК). Показано, что при увеличении скорости ветра до определенной величины при условии глубокой воды сначала формируются группы волн с одной максимальной по высоте (аналог девятого вала). Затем, по мере их развития, в условиях мелкой воды, когда длина волны больше глубины жидкости, возникает несколько уединенных волн (УВ), иногда до четырех, взаимодействие между которыми приводит к последовательному уменьшению их числа. В итоге формируется одна уединенная волна.

Анализ результатов экспериментов позволил выявить следующие закономерности процесса генерации и трансформации ветровых уединенных волн: время образования уединенной волны зависит от скорости ветра в канале и уменьшается при ее увеличении, скорость распространения уединенной волны возрастает при увеличении глубины жидкости, а также при уве-

личении скорости ветра. Таким образом, скорость распространения наблюдавшихся уединенных волн зависела от глубины жидкости и скорости ветра и, в наших экспериментах, изменялась в пределах от 144 см/с до 164 см/с.

Было показано, что при развитии ветрового процесса, при определенной скорости ветра, периодически возникали цуги волн с наличием «девятого вала» Развитие волнения завершалось образованием уединенной волны.

На рис. 3 показано что после фрагмента волнограммы с периодическими волнами, практически сразу следует фрагмент записи, где формируются цуги волн. На основании наблюдений в морях и океанах, а также в результате лабораторных экспериментов в кольцевом канале показано, что уединенные ветровые волны (которые иногда принимаются за волны–убийцы) возникают только под действием ветра, а не появляются «ниоткуда», а при уменьшении ветра они медленно затухают, а не исчезают «в никуда».

Анализ наблюдений, проведенных автором в Тихом, Атлантическом океанах, а также в Черном и Средиземном морях, показал, что при условиях глубокого моря (глубина $H \gg \lambda$) наблюдалось периодическое появление групп волн с наличием одной максимальной волны («девятый вал»). При уменьшении глубины эти волны укручивались и увеличивались в размерах. В лабораторных условиях под действием ветра образовывались несколько уединенных волн, число которых по мере развития уменьшается и в итоге формировалась одна единственная уединенная волна, которая существовала до тех пор, пока был ветер. Никаких мистических особенностей ни в океане, ни в лабораторных условиях обнаружено не было, даже «новогодняя волна», являющаяся оплотом для сторонников волн–убийц, опровергает наличие мифических волн–убийц в открытом океане и, тем более, на берегу.

[1] Каменкович В.М. Монин А.С. Океанология. Физика океана. Гидродинамика. 2. Москва, 1978.

[2] Шелковников Н.К. Письма в ЖЭТФ. 2005. 82, вып. 10. С. 720.

[3] Шелковников Н.К. Известия РАН, серия физическая. 2016. 80, № 2. С. 229.

«Rogue waves» in ocean. Myth and reality

N. K. Shelkovnikov *Moscow State University, Faculty of Physics, Russia, 119991, Moscow, Leninskiye Gory, 1.*
E-mail: shelkovnikov@phys.msu.ru

A study was made of the formation of solitary waves in a ring aerobasin. It is shown that when wind speed is increased in «deep water» conditions, groups of waves with one maximum wave height (the analog of the ninth shaft) are formed first and then, when the wavelength is greater than the depth of the liquid, several solitary waves arise, the interaction between which leads to the appearance of one Solitary wave.

PACS: 92.10.-x

Keywords: Rogue waves

Received 2017.

Сведения об авторе

Шелковников Николай Константинович — профессор–консультант; тел.: (495) 441-53-06, e-mail: shelkovnikov@phys.msu.ru.