

## ВОЛНЫ ЗЫБИ КАК «ПРЕДВЕСТНИКИ» НАДВИГАЮЩЕГОСЯ ТАЙФУНА

**Будрин С.С., Долгих Г.И., Долгих С.Г., Чупин В.А.**

*Тихоокеанский океанологический институт им. В.И. Ильичева, г. Владивосток  
ss\_budrin@mail.ru*

При прохождении тайфуна Хиннамор с 5 по 6 сентября 2022 года, были зарегистрированы волны зыби, пришедшие за 20 часов до выхода самого тайфуна на акваторию Японского моря. В ходе анализа экспериментальных данных, полученных с лазерного измерителя вариаций давления гидросферы удалось вычислить область формирования основной группы волн зыби, сгенерированных проходящим тайфуном, и локализовать область генерации волн «предвестников», описать механизм их формирования и распространения.

### **О волнах зыби и их образовании.**

С 5 по 6 сентября 2022 года над акваторией японского моря проходил тайфун Хиннамор [1]. Данный тайфун, а точнее волны зыби, созданные им, был зарегистрирован лазерным измерителем вариаций давления гидросферы [2], установленным на м. Шульца в заливе Петра Великого на шельфе со стороны открытой части Японского моря. Ниже, на рис. 1, представлены траектория движения тайфуна и спектрограмма записи волн зыби.

Волны зыби, сгенерированные тайфуном на акватории Японского моря, пришли в точку проведения измерения уже после прохода этой точки самого тайфуна. На спектрограмме (рис. 1б) зафиксированы несколько временных отметок. Вторая отметка, датированная 06 сентября 17:30 (UTC) соответствует моменту прихода основной группы волн зыби и была выбрана по критерию максимальной высоты волны. Волны зыби же, пришедшие в точку измерений 05 сентября в 21:30 (UTC) и отмеченные первым маркером, интересны тем, что видимой причины для их образования не было. На акватории, судя по метеоданным, так же, как и в точке измерений, ветер не превышал 7–8 м/с и никак не мог вызвать волны с периодом 11–15 с. Можно предположить, что волны могли быть вызваны движением тайфуна, однако судя по времени регистрации, тайфун только вышел на акваторию Японского моря (рис. 1а). Это означает, что данные волны появились раньше 21:30(UTC) вне акватории Японского моря и могут являться «предвестниками» распространения опасного

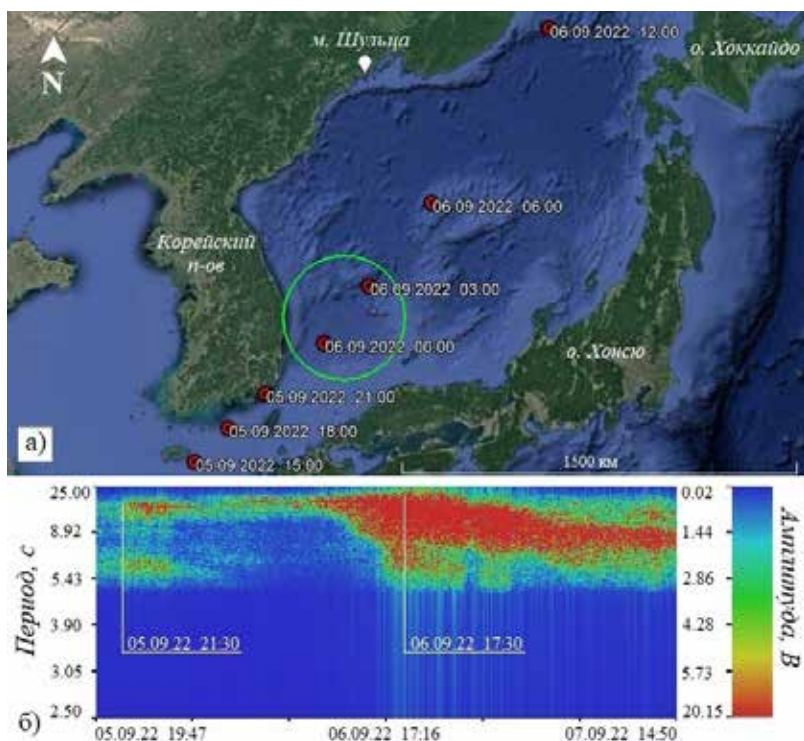


Рис. 1. Траектория движения тайфуна Хиннамнор (а) и спектрограмма записи лазерного измерителя вариаций давления гидросферы за период прохождения тайфуна над акваторией Японского моря (б). Время на рисунке представлено в формате UTC. Окружностью зеленого цвета обозначена область формирования основной группы волн зыби, сгенерированных проходящим тайфуном.

атмосферного явления. В связи с этим можно сформулировать несколько научных задач, а именно: 1) определение места формирования волн «предвестников» и 2) механизма их распространения от источника до точки их регистрации.

Для определения места формирования волн «предвестников» необходимо определить место формирования основной группы волн зыби. Данную область легко можно определить из дисперсионного соотношения для волн, распространяющихся в условиях глубокой воды. При этом будет рассчитываться фазовая и групповая скорости распространения волн с максимальным и минимальным периодами. Искомая область будет находится между расстоянием, которое прошли волны минимального периода с фазовой скоростью и расстоянием, которое прошли волны с

групповой скоростью максимального периода. Таким образом, мы получаем область формирования основной группы волн, отмеченную зеленой окружностью на рис.1 (а).

Из спектрограммы записи волнения, представленной на рис. 1(б), мы можем определить временной интервал между приходом основной группы волн зыби и группой волн «предвестников» тайфуна, он составляет 20 ч. Ранее мы нашли область формирования основной группы волн зыби, и теперь, зная время распространения, можно определить область образования волн «предвестников». Для этого, как и в первом случае, рассчитаем фазовые и групповые скорости распространения волн и путь, который они прошли за 20 часов.

Согласно расчетам, результаты которых представлены в табл. 2, волны «предвестники» образуются в области диаметром 360 км за пределами акватории Японского моря (рис. 3). Данная область совпадает с точками траектории движения тайфуна, которые он проходил в период с 04.09.22 09:00 по 05.09.22 06:00. Как было показано выше, разница во времени прихода интересующего нас волнового процесса и основной группы волн, сформированных тайфуном, составляет 20 ч. Если от

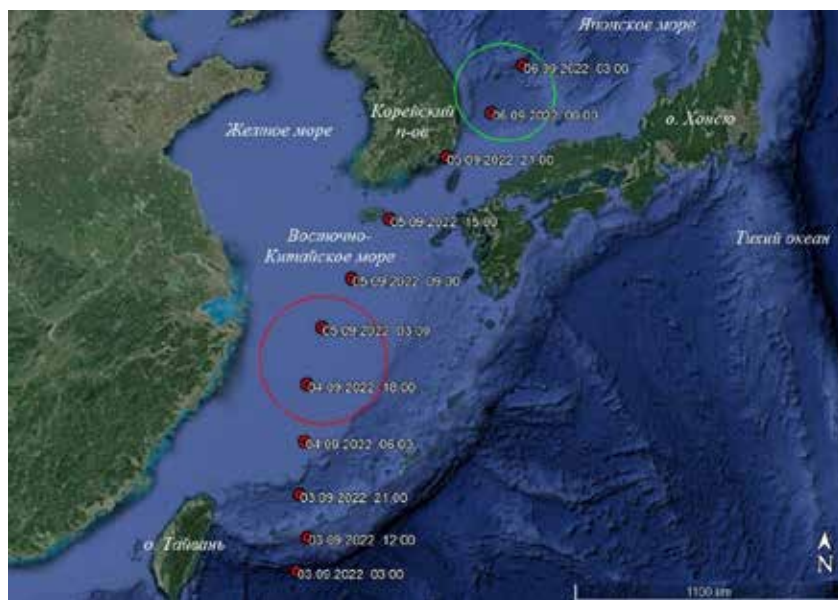


Рис. 2. Траектория движения тайфуна Хинамнор в период с 3 по 6 сентября 2022 г. Красной окружностью показана область образования волн «предвестников», зеленая окружность – область формирования основной группы волн, сгенерированных проходящим тайфуном. Дата и время представлены в формате UTC.

точки, находящейся в первой области на трассе движения тайфуна, например 06.09.22 00:00 и отнять 20 ч, то мы попадаем в точку 05.09.2022 04:00, которая входит в искомую область, что доказывает правильность предыдущих расчетов и предположений.

В работах [4, 5, 6] приведены результаты исследований, касающихся механизмов образования и распространения волн «предвестников» штормовых явлений, однако в нашем случае механизмы имеют некоторые особенности, касающиеся региональных особенностей распространения тайфунов и географического положения. Учитывая вышесказанное, можно заключить, что волны «предвестники» тайфунов, образуются на акватории Восточно-Китайского моря, а механизм образования их непосредственно связан с рельефом дна и глубиной данной акватории. Тайфун, выходя на шельф Восточно-Китайского моря, недалеко от о. Тайвань замедляет свою скорость. Данное поведение характерно практически для всех тайфунов, проходящих данную область. Скорость движения тайфуна при выходе на шельф составляла около 12 км/ч, а скорость ветра в вихре составляла более 30 м/с. Таким образом при небольшой скорости распространения, тайфун продолжительное время воздействовал на акваторию Восточно-Китайского моря и создавал волны периодом 15 с, что подтверждают метеорологические данные. В результате волны имеющие скорость распространения выше скорости движения тайфуна, выходили из-под его влияния и через Корейский пролив распространялись на акватории Японского моря в сторону точки проведения измерений.

Работа выполнена при частичной поддержке соглашения № 075-15-2022-1127 от 1 июля 2022 г.

### Литература

1. RSMC Tropical Cyclone Reasoning No. 2 for TS Hinnamnor (2211). Japan Meteorological Agency (28 августа 2022). Дата обращения: 22 августа 2022. Архивировано 22 августа 2022 года.
2. Долгих С.Г., Будрин С.С., Плотников А.А. Лазерный измеритель вариаций давления гидросферы с механической системой компенсации температурного воздействия // *Океанология*. 2017. Т. 57. № 4. С. 663-666.
3. Боуден К. Физическая океанография прибрежных вод. М.: Мир, 1988. 324 с.
4. Munk W.H., Miller G.R., Snodgrass F.E., Barber N.F. Directional recording of swell from distant storms // *Philos. Trans. Royal Soc. London. A: Math. Phys. Sciences*. 1963. Vol. 255. N 1062.
5. Ковалев П.Д., Ковалев Д.П., Кириллов К.В. Предвестники шторма // *Геосистемы переходных зон*. 2018. Т. 2. № 4. С. 332-338.
6. Ковалев П.Д., Ковалев Д.П., Хузеева М.О. Оценка параметров волн зыби для прогнозирования штормовых ситуаций // *Гидрометеорологические исследования и прогнозы*. 2019. № 2(372). С. 114-128.