

РЕАКЦИЯ ГЛУБОКОГО ОКЕАНА НА ТРОПИЧЕСКИЕ УРАГАНЫ

Морозов Е.Г.¹

¹ *Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, 117997, г. Москва
Нахимовский пр., 36, 8 499 1291954; egmorozov@mail.ru*

We consider the deep ocean response to passing hurricanes. The latter are taken as generators of near-inertial internal waves. The analysis of data collected in the northwestern parts of the Pacific and Atlantic oceans in the season of hurricanes permit to study the deep ocean response to such a strong atmospheric forcing. A large number of moorings (more than 100) in the northwestern Pacific allows us to characterize the spatial features of the oceanic response to typhoons and the variable downward velocity of near-inertial wave propagation.

Исследуется генерация инерционных колебаний как отклик океана на прохождение тайфуна. Наблюдается мгновенная генерация инерционных колебаний во всей толще за счет скачка атмосферного давления при прохождении тайфуна. После этого сильные ветры возбуждают возмущения на поверхности океана, и внутренние волны с периодами, близкими к инерционному, медленно распространяются вглубь океана. Их вертикальная скорость оценивается как 10-30 м/час. Инерционные колебания, возбужденные ураганом, продолжаются 12-20 дней. В районах резкого изменения топографии колебания в глубинных слоях интенсифицируются.

Известно, что внутренние волны с периодами, близкими к инерционному, являются откликом океана на ветровое воздействие. Свойства внутренних волн в этом диапазоне частот, близкому к инерционному, отличаются от свойств остального спектра внутренних волн более высокой частоты. Их энергия характеризуется большей изменчивостью, поскольку они подвержены прямому воздействию ветра с поверхности океана.

После генерации квази-инерционные колебания медленно распространяются вглубь. Траектории квази-инерционных возмущений слабо наклонены к поверхности океана.

Учитывая тот факт, что ураганы двигаются со скоростью порядка 10 м/с (скорость урагана, а не ветра в урагане, которая может достигать 50 м/с), вряд ли квази-инерционные колебания могут формировать

вертикальные моды. Кроме того, при движении урагана обычно всегда составляющая на север велика. Это означает, что квази-инерционные внутренние волны все время генерируются с меньшей и меньшей частотой и не могут распространяться на север вслед за ураганом, поскольку в каждый момент широта северней их генерации является для них критической, севернее которой они не могут распространяться.

Квази-инерционный интервал спектра течений доминирует над остальной частью спектра в диапазоне частот внутренних волн. Максимум спектра, как правило, несколько смещен в сторону высоких частот (1.02-1.06 от локальной инерционной частоты). Спектр имеет не один главный пик, а характеризуется пилообразной формой. Спектр инерционных колебаний описывается функцией Эйри, которая имеет несколько близко расположенных максимумов. Физическое объяснение этого факта заключается в том, что для квази-инерционных колебаний существует критическая широта, севернее которой они не могут распространяться. Волны разной энергии, генерированные в соседних районах, дают несколько близких пиков разной величины.

Анализ проводится по данным буев на Мегполигоне, через который прошло четыре тайфуна.

Величины пика на спектрах в районе инерционной частоты неравномерно распределены по площади Мегполигона. На фоне хаотичности выделяются большие значения спектральных плотностей в районе антициклонического вихря и в южной части полигона у северного края течения Курошио. Такое отклонение от равномерного распределения может быть объяснено передачей энергии от синоптического вихря и, от мощного течения инерционным колебаниям. Механизм усиленной генерации инерционных течений в районе сильных средних течений – это, по всей видимости, сильный сдвиг течений в потоке. Кроме того, южная часть полигона была сильнее подвержена действию тайфуном и как следствие, там могли развиваться более сильные инерционные колебания.

Спектральные плотности в инерционном интервале для измерений в глубоких слоях океана характеризуются большим сдвигом максимума спектра в сторону высоких частот. Этот факт объясняется тем, что внутренние волны с периодом, очень близким к инерционному, практически не могут распространяться вглубь океана из-за малых углов наклона их траектории групповой скорости и затухают. Волны с более высокой частотой проникают в глубинные слои. Разница в частотах между локальным инерционным периодом и частотой волн, которые достигают дна, может считаться шириной спектрального пика в инерционном интервале.

На спектрах течений, измеренных на глубоких горизонтах, инерционный пик смещен в сторону более высоких частот, поскольку только высокочастотная часть полосы инерционных колебаний проникает на большие глубины.

Измерения скоростей на буйковых станциях показывают, что инерционные колебания были возбуждены практически одновременно на всех горизонтах. Через несколько дней на глубоких горизонтах был зарегистрирован второй пакет инерционных колебаний. Первый пакет колебаний был возбужден резким изменением давления, а второй – медленным распространением колебаний, возбужденных ветром с поверхности.

После генерации колебаний 18 августа инерционные возмущения достигают сначала глубины 400 м 27 августа. Скорость их распространения вглубь океана оценивается как 2.5 м/с. На горизонте 1200 м волновой пакет обнаруживается 29 августа. Скорость его распространения возросла, поскольку наклон характеристической кривой увеличился. Скорость оценивается как 16 м/час. Еще через пять дней волновой пакет достигает глубины 4500 м. Скорость его распространения увеличилась до 30 м/час, поскольку частота Брента-Вясяля на больших глубинах уменьшилась почти в 10 раз по сравнению с термоклинном.

Траектории вектора скорости (годографы) дают дополнительную информацию о проникновении инерционных колебаний вглубь океана. До прихода тайфуна Фрида 18 сентября годограф практически круговые, а скорости малы. Начиная со дна прихода тайфуна амплитуды колебаний увеличиваются и становятся эллиптическими. Ограничение по широте не дает возможности развиваться колебаниям вдоль меридиана. На горизонте 1200 м мы наблюдаем генерацию инерционных колебаний сразу после прихода тайфуна. Через несколько дней эти колебания затухают. После этого, 3 октября пакет инерционных колебаний, генерированных ветром у поверхности достигает горизонта 1200 м.

Проникновение инерционных колебаний вглубь океана определяется двумя факторами: (энергией колебаний и (2) вертикальной групповой скоростью, которая мала (и стремится к нулю около f).