

О ВЗАИМОСВЯЗИ ГРАДИЕНТОВ ТЕМПЕРАТУРЫ И ГРАДИЕНТОВ СКОРОСТИ ТЕЧЕНИЙ ПРИ НАЛИЧИИ ВНУТРЕННИХ ВОЛН

Навроцкий В.В., Храпченков Ф.Ф., Павлова Е.П.

*Тихоокеанский океанологический институт им. В.И. Ильичева, г. Владивосток
vnavr@poi.dvo.ru*

Внутренние волны большой амплитуды в зоне моря с глубинами до 30–50 м оказывают исключительно сильное воздействие на биогеоморфологические процессы в этой зоне. Наиболее очевидным является процесс разрушения и генерации турбулентности при выходе ВВ на мелководье, но многочисленные наблюдения показывают, что ВВ могут проходить значительные расстояния, сохраняя свою форму. Характер взаимодействия ВВ и течений на этом этапе представляет интерес с точки зрения устойчивости и формирования динамических структур. Задачей проводимых экспериментальных исследований является изучение пространственной и временной структуры происходящих процессов и оценки их роли для экосистем прибрежной зоны моря. Основные наблюдения проводились в зоне гидрофизического полигона вблизи м. Шульца.

На рис. 1 показаны временные разрезы поля температуры и широтной компоненты скорости течения на буйковой станции при глубине дна 32 м. Мы видим внутренние волны высотой до 15 м с очень резким градиентом температуры в первой половине разреза и ослаблением градиента во второй половине. Ослабление вертикального градиента температуры вблизи верхней границы пикноклина возможно при наличии больших вертикальных градиентов скорости, при которых критерий Ричардсона будет меньше критического и возможна мелкомасштабная турбулентность. К сожалению, невозможно по данным измерений получить детальную пространственно-временную картину распределения числа Ричардсона, поскольку всегда существуют интервалы времени и пространства с нулевыми градиентами скорости течений.

Трудно представить, что большие вертикальные градиенты скорости могут возникнуть одновременно во всем слое порядка 15 м, который захвачен внутренними волнами. По-видимому, пространственно-временная структура скорости течений в большой степени обусловлена полем внутренних волн. Это становится очевидным при анализе поля скорости течений: перемена знака течения на противоположный происходит в соответствии с фазой внутренней волны. Но эффективный обмен импуль-

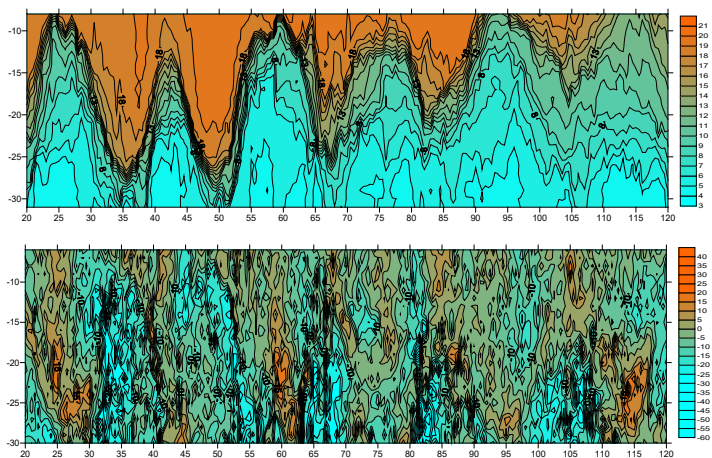


Рис. 1. Изменение во времени вертикальной структуры поля температуры (вверху) и широтной компоненты скорости течений в устье б. Витязь (15–20 сентября 2022 г.)

сом в воде происходит почти в 10 раз быстрее, чем обмен теплом, и не очень понятно, как и на каких пространственных и временных масштабах происходит взаимное приспособление и направленность взаимодействия полей температуры (плотности) и течений.

На рис. 2 приведены пространственно-временные структуры градиентов температуры и скорости течений. Главная особенность этих

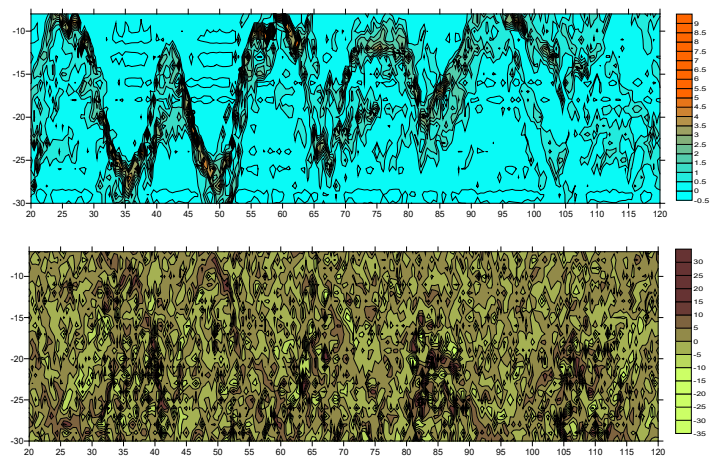


Рис. 2. Пространственно-временная структура вертикальных градиентов температуры и скорости течений.

структур состоит в том, что изменение максимальных вертикальных градиентов скорости течения происходит в противофазе с максимальными градиентами температуры, как во времени, так и по глубине (зеркальное отражение).

Вторая особенность состоит в том, что зоны экстремальных градиентов являются не сплошными в пространстве, а образуют чередующиеся в пространстве и времени области с размерами 2–5 м по вертикали. По-видимому, эти образования являются важным механизмом обмена импульсом и теплом. Анализ их детальной структуры может быть сделан при проведении высокочастотных измерений скорости течений и температуры.

На рис. 3 показаны измерения высокочастотных колебаний температуры в придонном слое при наличии внутренних волн с периодом близким к полусуточному периодом и их частотно-временной спектр (Гильберта-Хуанга). Мы видим, что в интервалах резкого подъёма и понижения температуры (переднего и заднего фронтов волны) происходят очень быстрые потоки энергии по спектру вплоть до периодов порядка 10 с. Это значит, что турбулентная диссипация энергии происходит и при распространении устойчивых внутренних волн, и разделение потоков на волновой и турбулентный с использованием критерия Ричардсона является относительным, зависящим от масштабов пространственно-временного осреднения.

Рис. 3. Колебания температуры в придонном слое и их частотно-временной спектр при наличии внутренних волн в зоне внутреннего шельфа.

