

ПРЕДВАРИТЕЛЬНАЯ ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ СЕЙСМОАКУСТИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ ПРИБРЕЖНОГО ВОЛНЕНИЯ

C.A. Кузнецов

Севастопольский национальный технический университет,
г. Севастополь, ул. Университетская, 33
E-mail: root@sevgtu.sebastopol.ua

В статье приводятся результаты предварительной обработки данных акустических и сейсмоакустических измерений прибрежного волнения, проводимых в различных точках побережья Крыма в 2008 – 2010 годах. Рассматриваются особенности анализа результатов таких измерений, приводятся спектральные и корреляционные характеристики.

Исследования морского волнения в прибрежной зоне позволяет расширить область наблюдений за этим явлением вплоть до фазы обрушения волн на берег.

В последнее время с развитием информационных технологий появились и новые технические возможности изучения морского волнения. Так для изучения волнения стали применяться средства визуальной регистрации – видеосъемка, стереофотосъемка, а также акустические исследования обрушения волн [1]. Применение новых методов наблюдений требуют разработки методов анализа, а также соответствующей интерпретации результатов этих наблюдений.

На рис. 1 изображена схема акустических наблюдений за волнением.

Обрушение волн на берег – сложное природное явление, изучаемое гидрофизическими науками, но измеряемое неконтактно косвенным акустическим методом, что определяет особенности анализа, как нахождение косвенной характеристики морского волнения по акустическим данным. Т.е. основным результатом проводимых измерений является вычисление характеристики морского волнения W [1] и построение её спектра и корреляционной функции.



Рис. 1. Схема акустических наблюдений за морским прибрежным волнением

Анализ параметров аналогового тракта измерительного комплекса с учетом частотных характеристик акустических датчиков, устройства усиления сигнала и аналого-цифрового преобразователя позволяет выделить допустимую полосу частот. В ее рамках исходный сигнал можно считать линейно неискаженным (не более 3дБ по АЧХ), а также пренебречь нелинейными искажениями. Допустимая полоса частот – от 100 Гц до $F_{\max} = 10000$ Гц для акустических измерений и от 100 Гц до $F_{\max} = 2400$ Гц для сейсмоакустических.

На основании этого осуществляется выбор оптимальной частоты дискретизации для цифрового преобразования. Согласно теореме Котельникова она должна в два раза превышать максимальную частоту в спектре сигнала (F_{\max}).

Захват сигнала в реальном времени осуществляется на стандартной частоте работы АЦП звуковой карты 44100 Гц, а затем на этапе предварительной обработки из сигнала удаляются низкочастотным фильтрованием все частоты выше верхней частоты анализируемого сигнала (F_{\max}), что позволяет избавиться от эффекта маскирования частот [2].

Для записи реализаций в режиме реального времени применяется специальное программное обеспечение – про-

граммный измерительный комплекс SpectraLab. С его помощью проводится тонкая настройка процесса аналого-цифрового преобразования: выбор частоты дискретизации, разрядности, а также сохранение файлов реализаций.

Первичная обработка данных осуществляется вручную и состоит в выборе участков реализаций, свободных от посторонних шумов, а также удалении сбойных фрагментов записей. На данном этапе помогает использование прикладного программного обеспечения (ПО) – звуковых редакторов (например, GoldWave Audio Editor).

Остальная математическая обработка, вычисление корреляционных и спектральных функций реализаций и характеристики волнения W , осуществляется в пакете математического ПО – MatLab.

Анализ записей проводился по методу описанному в [1] в результате определены следующие особенности характеристики морского волнения W :

1. Как видно из автокорреляционной функции (АКФ) (рис. 2) процесс волнения цикличен. Его периодичность можно определить по расстоянию между локальными максимумами АКФ характеристики W .

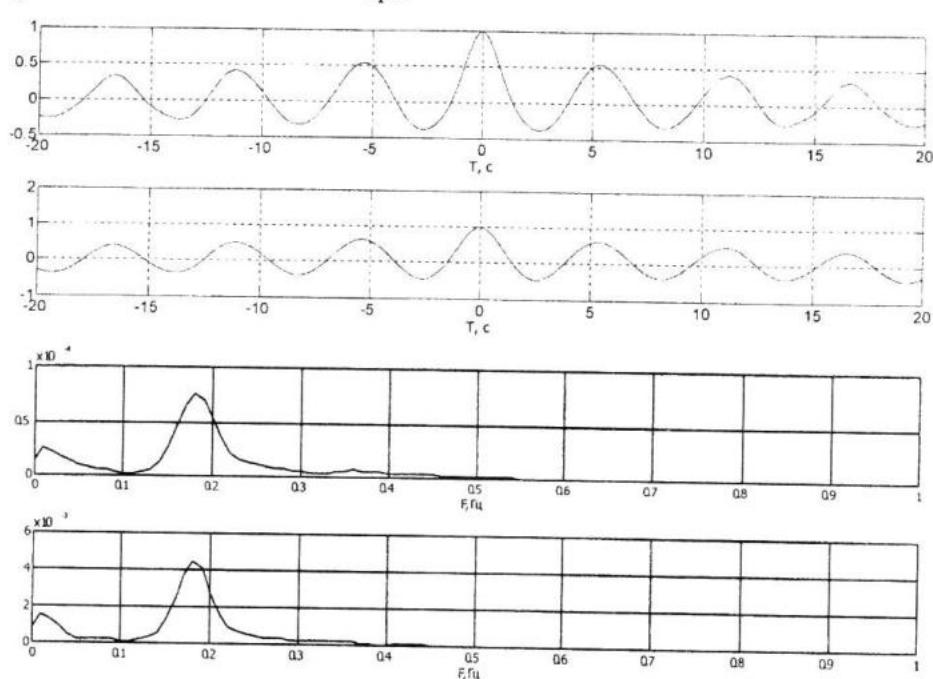


Рис. 2. Автокорреляционные функции характеристики волнения W , измеренные синхронно в точках побережья на расстоянии 2 м друг от друга (а, б), их спектральная плотность мощности (в, г)

2. Спектральная плотность энергии характеристики волнения сосредоточена в области частот до 1 Гц.

3. Присутствие в спектральной плотности мощности нескольких максимумов говорит о наличии различных компонент морского волнения в точке измерения [3].

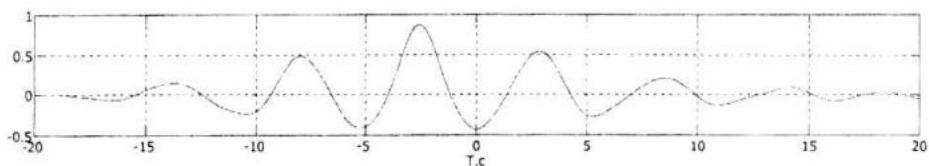
4. Спектральный состав характеристики не зависит от типа акустического датчика, используемого для регистрации (акустический или сейсмоакустический).

5. На небольших расстояниях, (до 10 м) при условии однородности рельефа вдоль береговой линии характеристика имеет постоянные па-

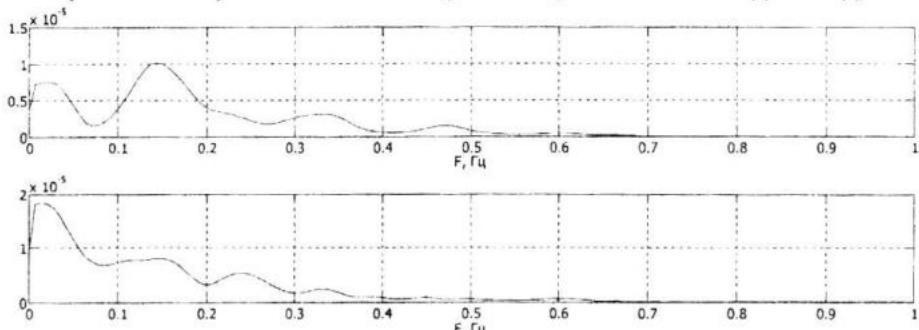
метры своих спектральной и корреляционной функций.

6. Взаимная корреляционная функция (ВКФ) характеристики волнения W , измеренной в двух разнесенных вдоль берега точках имеет максимум близкий к единице (рис. 3), что говорит о высокой корреляции процессов обрушения вдоль линии берега на малых расстояниях (до 10 м).

7. На спектральный состав характеристики могут влиять расположенные в зоне обрушения объекты: буны, большие камни, что вызвано преждевременным разрушением волн, а также их отражением от препятствия (рис. 4).



Р и с. 3. Взаимная корреляционная функция двух характеристик волнения W , измеренных синхронно в точках побережья на расстоянии 5 м друг от друга



Р и с. 4. Спектральная плотность мощности характеристики волнения W , измеренной на ровном участке прибрежной зоны (а) и за каменной преградой, расположенной в воде (б)

Наличие указанных свойств характеристики морского волнения подтверждается результатами натурных экспериментов, проведенных более чем 20 точках Крымского побережья, в частности на песчаных пляжах восточного берега (Учуевка), на каменных и галечных пляжах ЮБК (п. Кацивели), а также на некоторых пляжах г. Севастополя как в «диких» местах так и на прибрежных сооружениях. В результате получено около 600 минут реализаций шумового акустического процесса прибрежной зоны, проведена их первичная обработка, для каждого измерения рассчитана характеристика волнения W , а также выполнен их спектральный и корреляционный анализ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Доценко С.В., Кузнецов С.А. Измерение прибрежного волнения сейсмоакустическим методом // Системы контроля окружающей среды / Средства, информационные технологии и мониторинг. – Севастополь: МГИ НАН Украины, 2009. – С. 56 – 60.
- Бендат Дж. Измерение и анализ случайных процессов / Дж. Бендат, А. Пирсол. – М.: Мир, 1971. – 408 с.
- Рожков В.А. Методы вероятностного анализа океанологических процессов – Л.: Гидрометеоиздат, 1979. – 280 с.