

УДК 534.6:551.46.086

С.В. Доценко, д-р физ.-мат. наук, профессор; С.А. Кузнецов, аспирант

Севастопольский национальный технический университет,

ул. Университетская, 33, г. Севастополь, Украина, 99053

E-mail: root@sevgtu.sebastopol.ua

ИЗМЕРЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ПРИБРЕЖНОГО МОРСКОГО ВОЛНЕНИЯ СЕЙСМОАКУСТИЧЕСКИМИ МЕТОДАМИ

Представлено краткое описание и результаты применения комплекса, позволяющего измерять параметры прибрежного морского волнения при различных гидрометеорологических условиях.

Ключевые слова: *прибрежное волнение, измерение, акустический, обрушение волн, спектр волнения.*

Береговая зона Крыма является областью активного освоения и использования природных ресурсов. Здесь расположены важные объекты и сооружения различных отраслей хозяйства Украины: производственные, научные, рекреационные, культурные, военно-оборонные, транспортные и др. На эти объекты оказывают влияние различные гидрометеорологические, гидрофизические явления. Самое сильное воздействие на берег оказывает морское волнение, так как оно проявляется на всех участках берега, носит постоянный характер и, таким образом, является основным источником энергии, приходящей в береговую зону. Морские волны, обрушаясь в прибрежной зоне, осуществляют абразию (лат. *abrasio* — скрести) морских берегов, вызывая изменение рельефа побережья и морского дна. Это нередко приводит к негативным последствиям: разрушению пляжей, береговых сооружений, обрушениям участков берега. Поэтому необходимо постоянное или периодическое наблюдение за состоянием морского волнения в различных точках побережья.

В настоящее время существует ряд измерителей морского волнения — волнографов, основанных на различных физических принципах и технических решениях: контактные вехи, подводные волнографы на базе датчика давления, измерители на основе датчика давления и акселерометра и др. Некоторые из них стационарны, а другие могут быть установлены в требуемых точках на морском дне, на поверхности, на судах в непосредственном контакте с морской средой [1, 2]. Все эти приборы плохо работают при сильном волнении и могут быть им повреждены. Более того, при волнении выше двух баллов происходит обрушение гребней волн, что затрудняет определение уровня поверхности моря и, следовательно, интерпретацию данных. Некоторые из этих устройств могут применяться только в условиях глубин больших половины максимальной длины волны [2], а, значит, не годятся для проведения измерений вблизи берега. Сложность определения параметров морского волнения приводит к тому, что до сих пор состояние морской поверхности оценивается нередко «на глаз» в баллах. Указанные затруднения особенно сильно проявляются в прибрежной зоне, для которой типично обрушение волн. Поэтому здесь необходимы такие методы измерения прибрежного волнения, в которых отсутствовали бы перечисленные недостатки.

В литературе нередко встречаются описания «шума прибоя» — акустических эффектов морского волнения, воспринимаемых наблюдателем. Естественно для регистрации и обработки этих эффектов можно использовать инструментальные наземные средства. Здесь применимо любое акустическое, сейсмическое или сейсмоакустическое регистрирующее устройство, датчики которого обладают достаточно высокой чувствительностью, в сочетании с устройством обработки данных. Достоинства использования приборов построенных на этом принципе:

- Приемники фиксируют акустические (сейсмоакустические) колебания непосредственно в зоне взаимодействия волн с берегом.
- Нет необходимости помещать прибор в морскую среду, что сохраняет его от разрушения даже при сильном волнении. Такого рода прибор фактически является дистанционным.
- Компактность.
- Возможность быстрого перемещения прибора от одной точки измерения к другой, что невозможно для других типов волнографов.

Все указанное выше позволяет использовать сейсмоакустические приборы как при слабом так и при сильном волнении. Для подобных измерений использовались стандартные микрофоны, геофон (датчик колебательной скорости грунта) в сочетании с ноутбуками, которые в совокупности представляют сейсмоакустическую систему (рисунк 1).

Компактность и автономность входящих в нее устройств позволяет сразу вычислять параметры волнения по результатам математической обработки данных, получаемых в процессе измерений непосредственно в прибрежной зоне. Это является основой для проведения управляемого адаптируемого эксперимента.

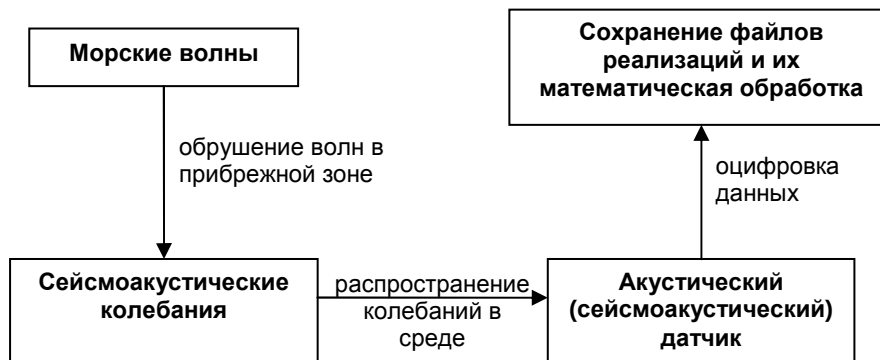


Рисунок 1 – Информационная сейсмоакустическая система измерения прибрежного волнения

С помощью созданного таким образом аппаратного комплекса были проведены многочисленные измерения акустического поля, создаваемого прибрежным морским волнением. На рисунке 2 представлен пример такого эксперимента, выполнявшегося на Южном берегу Крыма.

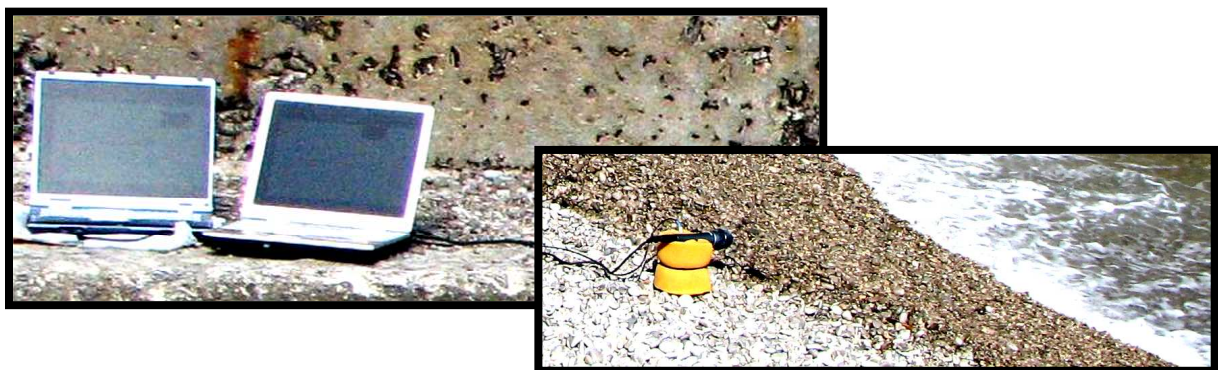


Рисунок 2 – Измерение прибрежного волнения сейсмоакустической системой

На нем видны находящиеся вблизи воды микрофоны, датчик сейсмических колебаний и ноутбуки, выполняющие регистрацию и обработку данных измерений. Как видно на фотографии — все компоненты комплекса портативны, благодаря этому аналогичные эксперименты были выполнены в различных точках крымского побережья Черного моря с различными типами берега, берегового материала, при различной интенсивности волнения.

Автономное питание ноутбуков позволяет регистрировать и сохранять продолжительные (до нескольких десятков минут) реализации измеряемого процесса в цифровом виде, а также производить необходимую программную обработку записей. На рисунке 3 приведен фрагмент реализации акустического сигнала, зарегистрированной в одном из подобных измерений с помощью сейсмоакустического датчика.

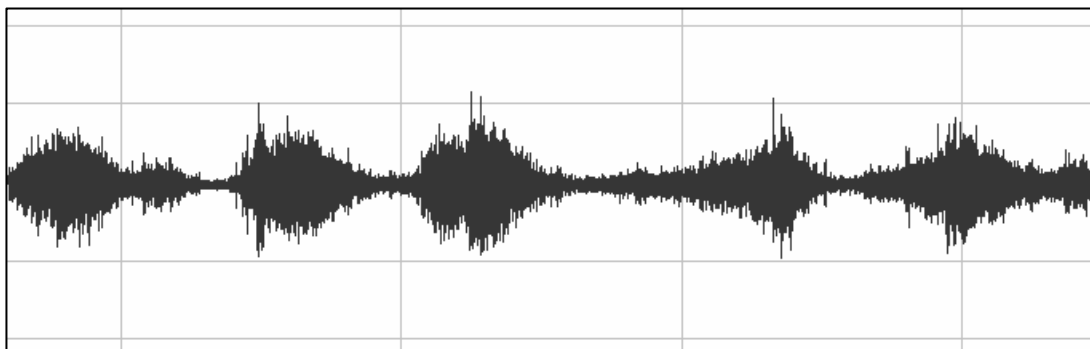


Рисунок 3 – Фрагмент записанной реализации акустического поля, создаваемого морскими волнами при обрушении на берег

Акустические сигналы, полученные с применением микрофона, имеют близкий по форме вид. Из этого рисунка видно, что полученный сигнал периодически стационарен и представляет последовательность схожих фрагментов с нарастающей амплитудой, обусловленных периодичностью накатывания морских волн на берег. Его можно рассматривать как высокочастотный шумовой сигнал, модулированный низкочастотными волновыми процессами, вызванными набегаящими на берег поверхностными волнами. Это позволяет получить информацию как о структуре обрушающейся волны, так и о структуре берегового материала.

Частотный спектр одной из реализаций, полученной при помощи сейсмоакустического датчика приведен на рисунке 4.

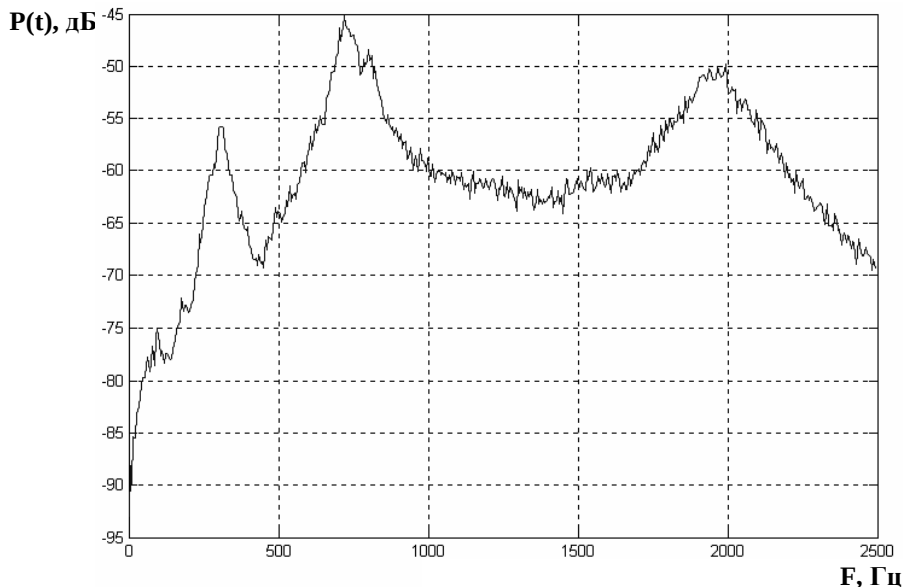


Рисунок 4 — Спектр реализации сейсмоакустического сигнала прибрежного волнения

Этот спектр является типичным для всех зарегистрированных реализаций. В зависимости от места на побережье, степени развития волнения меняется положение максимумов и минимумов спектров, соотношение амплитуд сигналов. Это позволяет проводить мониторинг морского прибрежного волнения и оценивать его числовые характеристики.

Большая работа по получению, обработке и систематизации результатов многих прибрежных измерений показала, что подобные измерительные системы могут применяться как для регулярного мониторинга морского прибрежного волнения, так и в случаях экстремальных ситуаций, в условиях сильного штормового волнения. В последнем случае, регистрация процессов при помощи сейсмоакустического комплекса — видимо, единственный метод, который можно использовать для получения данных о волнении в прибрежной зоне без опасения порчи или утраты оборудования.

На основании разработанной методики и созданного комплекса измерительных средств предполагается провести ряд систематических наблюдений на крымском побережье в различных гидрометеорологических условиях.

Библиографический список

1. Росс, Д. Энергия волн / Д. Росс. — Л.: Гидрометеиздат, 1981. — 112 с.
2. Руководство по гидрологическим работам в океанах и морях / отв. ред. Т.А. Иванова [и др.]. — 2-е изд., доп. — Л.: Гидрометеиздат, 1977. — 725 с.

Поступила в редакцию 26.03.2009 г.