

ГЕОФИЗИКА

УДК 551.466.2/4+627.223.6

МЕТОДИКА ИЗМЕРЕНИЯ СУБМИЛЛИМЕТРОВЫХ ВОЛН НА ПОВЕРХНОСТИ ВОДЫ

М. А. Носов, Н. К. Шелковников

(кафедра физики моря и вод суши)

Дано описание датчика, позволяющего измерять субмиллиметровые волны на поверхности воды в лабораторных условиях.

Длинные гравитационные волны на поверхности воды в океане, к которым относятся, например, волны цунами, обладают характеристиками, затрудняющими их моделирование в лабораторных условиях. Причина здесь кроется в сложности согласования геометрических параметров волны и бассейна с возможностями регистрирующей аппаратуры. Так, например, волны цунами в открытом океане имеют амплитуду A , малую по сравнению с глубиной океана H : $A/H \sim 10^{-3}$ [1], а модельный бассейн, как правило, имеет глубину $\sim 10^{-1}$ м, следовательно, для того, чтобы удовлетворить геометрическому критерию подобия $A/H \sim 10^{-3}$, амплитуда модельной волны должна составлять $\sim 10^{-4}$ м.

Традиционно используемые для регистрации волн на поверхности воды параллельно-проволочный и емкостный датчики принципиально не в состоянии измерять волны такой малой амплитуды. Это объясняется тем, что датчики соприкасаются с водой непосредственно в точке измерения, и у каждого из контактов датчика из-за явления поверхностного натяжения образуется неустойчивый мениск, искажающий данные измерения тем сильнее, чем меньше амплитуды волн измеряются.

В связи с этим возникает необходимость в разработке методики измерения волн, свободной от указанного недостатка.

На кафедре физики моря и вод суши физического факультета был разработан датчик (ИК-волнограф), позволяющий измерять субмиллиметровые волны на поверхности воды. В настоящее время он успешно применяется нами при лабораторном моделировании волновых движений жидкости.

ИК-волнограф основан на измерении ослабления инфракрасного излучения при прохождении через слой воды толщиной h . Интенсивность излучения при этом, как известно, уменьшается по экспоненциальному закону:

$$I(h, \Lambda) = I_0(\Lambda) \exp\{-\epsilon(\Lambda) \cdot h\}, \quad (1)$$

где $\epsilon(\Lambda)$ — объемный показатель полного ослабления для длины волны Λ .

В видимой части спектра $\epsilon \sim 10^{-3} \text{ м}^{-1}$, но в ближней ИК-области ($\Lambda \sim 1 \text{ мкм}$) объемный показатель полного ослабления резко возрастает до значений $\epsilon \sim 25 \text{ м}^{-1}$, что позволяет использовать этот диапазон длин волн для измерения субмиллиметровых колебаний поверхности воды.

Одним из преимуществ предлагаемого датчика является то, что в ближней ИК-области не требуется никаких специальных источников и приемников ИК-излучения — вполне могут быть использованы обычная лампа накаливания и фотодиод.

Кроме того, так как стекло не является сильным поглотителем в ближней ИК-области, то для фокусировки ИК-излучения можно использовать обычные тонкие стеклянные линзы.

На рис. 1 представлена схема ИК-волнографа. Излучение от спирали лампы накаливания 1 фокусируется линзой 2 на приемной площадке фотодиода 4, закрытой ИК-фильтром 3 типа ИКС-3. (Характеристика фильтра ИКС-3 (1) и кривая пропускания для слоя воды толщиной 5 см (2) [2] представлены на рис. 2.) Фотодиод располагается под поверхностью воды на глубине h . При прохождении волны меняется толщина слоя воды над фотодиодом, а следовательно, в соответствии с (1) и интенсивность ИК-излучения, попадающего на приемную площадку. В измерительной схеме фотодиод работает в вентиляционном режиме. Чувствительность ИК-волнографа составляет $\sim 100 \text{ мВ/мм}$ при линейности для амплитуд волн $\sim 1 \text{ мм}$ и $h = 10 \text{ мм}$ не хуже 10%.

Следует отметить, что коэффициент отражения ИК-излучения от границы раздела воздух — вода составляет $\sim 2 \cdot 10^{-2}$ и практически не меняется вплоть до углов

падения 20° . Таким образом, крутизна волн, регистрируемых ИК-волнографом, не должна превышать 20° . (При амплитуде 10^{-3} м длина волны должна быть не менее $2 \cdot 10^{-2}$ м.)

Преломление на границе раздела воздух — вода может приводить к небольшому завышению амплитуды волны вследствие отклонения луча от вертикали. Но, как показывает несложная оценка, при амплитуде волны $A=10^{-3}$ м и глубине погружения фотодиода $h=10^{-2}$ м даже для волн с крутизной 20° точность измерения амплитуды будет не менее 4%.

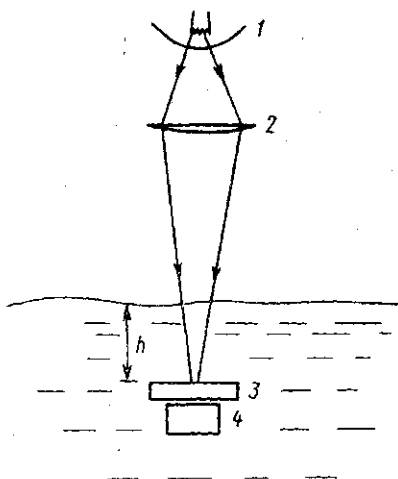


Рис. 1

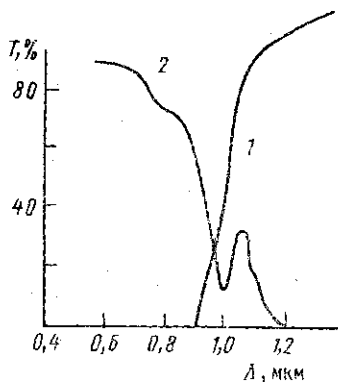


Рис. 2

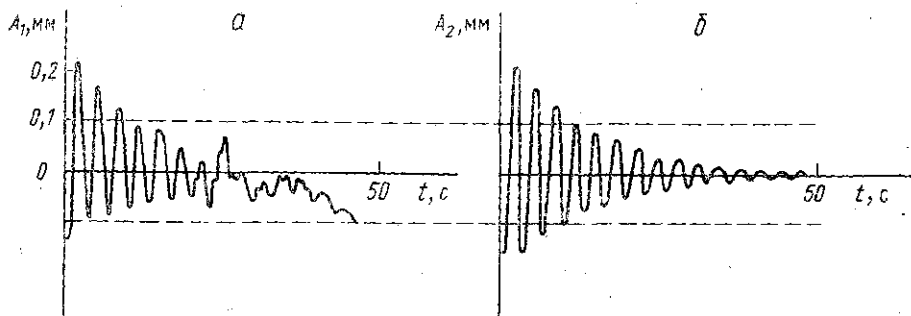


Рис. 3

В качестве иллюстрации работы датчика на рис. 3 представлены синхронные записи затухающих одноузловых сейшевых колебаний в прямоугольном волновом канале размерами $330 \times 15 \times 15$ см, полученные при помощи параллельно-проволочного датчика (а) и ИК-волнографа (б). Рис. 3 демонстрирует преимущество ИК-волнографа. Видно, что начиная с амплитуд волн $\sim 10^{-4}$ м при помощи параллельно-проволочного датчика волну трудно даже обнаружить, в то время как ИК-волнограф надежно ее регистрирует.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Басов Б. И., Кайстренко В. М., Левин Б. В. и др. // Генерация цунами и выход волн на берег. М., 1984. С. 68. [2] Борисевич Н. А., Верещагин В. Г., Вавилов М. А. Инфракрасные фильтры. Минск, 1971.