

РАЗРАБОТКА И АПРОБАЦИЯ В БУХТЕ АЛЕКСЕЕВА
(О. ПОПОВА) ТЕХНОЛОГИЙ РЕГИСТРАЦИИ ВОЛНЕНИЯ
И КОЛЕБАНИЙ УРОВНЯ МОРЯ
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВИДЕОВОЛНОМЕРОВ

**П.С. Зимин*, В.К. Фищенко, А.Е. Суботэ,
А.В. Зацерковный, А.В. Голик**

*Тихоокеанский океанологический институт им. В.И. Ильичева
ДВО РАН, Владивосток
E-mail: *zimin@poi.dvo.ru*

Аннотация

На Морской экспериментальной станции «Бухта Алексеева», расположенной на побережье о. Попова (Амурский залив), с 2012 года проводятся исследования технологий регистрации волнения, подводных течений, колебаний уровня моря с использованием систем дистанционного видеонаблюдения. Установленные на берегу бухты интернет-камеры транслируют видео в сеть ДВО РАН, где в реальном времени производится его обработка с целью получения характеристик волновых процессов. Наиболее точной и эффективной является технология на основе видеоволномеров. Последние представляют собой развернутые в море на дистанциях до 500 м от берега измерительные конструкции с легким контрастным маркером, колеблющимся вертикально под действием волнения и колебаний уровня моря, а также береговой камеры, снимающей сцену с маркером. Программное обеспечение с заданной частотой (до 16 раз в секунду) анализирует кадры видео и регистрирует смещения маркера в пикселах относительно его начального положения. Зная размеры маркера, можно найти масштабный коэффициент для пересчета сигнала волнения $h(t)$ из пикселей в сантиметры или миллиметры. Апробация этой технологии в бухте Алексеева показала, что волномер позволяет регистрировать приливные колебания, сейши, волнение зыби, ветровые волны, корабельные волны, волны ряби. В 2015-2016 годах были проведены исследования на базе трехточечных видеоволномеров. Последние позволили оценивать не только амплитуду и частоту волн, но также направление и скорость их распространения. Рассмотренные в работе технологии могут быть применены на любых прибрежных акваториях.

Ключевые слова: морское волнение, колебания уровня моря, прибрежные зоны, камера видеонаблюдения, видеоволномер, обработка изображений и видео, обработка сигналов

DEVELOPMENT AND APPROBATION
IN ALEKSEEV BIGHT (POPOV ISLAND) OF TECHNOLOGIES
FOR WAVES AND SEA LEVEL OSCILLATIONS MEASURING USING
VIDEO-WAVEMETERS

P.S. Zimin*, **V.K. Fishchenko**, **A.E. Subote**,
A.V. Zatserkovny, **A.V. Golik**

*V.I. Ilyichev Pacific Oceanological Institute of the Far Eastern Branch of the Russian
Academy of Sciences, Vladivostok*

E-mail: *zimin@poi.dvo.ru

Abstract

At the Marine Experimental Station “Aleksseev Bight”, located on the coast of Popov Island (Amursky Bay), since 2012, research has been conducted on technologies for recording waves, underwater currents, and sea level fluctuations using remote video surveillance systems. The IP cameras installed on the shore of the bay broadcast the video to the FEB RAS network, where it is processed in real time in order to obtain the characteristics of wave processes. The most accurate and efficient technology is based on video-wavemeters. The latter consist of measuring structures deployed at distances of up to 500 m from the coast with a light contrasting marker, which oscillates vertically under the influence of waves and sea level fluctuations, as well as from a coastal camera filming a scene with a marker. Software with a given frequency (up to 16 times per second) analyzes video frames and registers marker displacements in pixels relative to its initial position. Knowing the size of the marker, you can find the scale factor for converting the wave signal $h(t)$ from pixels to centimeters or millimeters. Testing of this technology in the Aleksseeva Bay showed that a wave meter allows recording tidal oscillations, seiches, swell waves, wind waves, ship waves and ripple waves. In 2015-2016, studies were conducted on the basis of three-point video wave meters. The latter allowed estimating not only the amplitude and frequency of the waves, but also the direction and speed of their propagation. The technologies considered in the work can be applied in any coastal areas.

Keywords: sea waves, sea level oscillations, coastal zones, video surveillance camera, video-wavemeter, image and video processing, signal processing

Оперативная информация о морских процессах, протекающих на прибрежных акваториях, важна для решения многих фундаментальных и прикладных задач. Знание приливных и сейшевых колебаний

уровня моря актуально для задач моделирования и прогнозирования гидрологической обстановки в районе наблюдения. Информация о поверхностном волнении – типах волн, преобладающих на акватории, их амплитуде, направлении и скорости распространения, частотном составе - также может быть использована в различных прогностических моделях, но еще более актуальна для мореведческих организаций. Поэтому закономерно, что задача непрерывного мониторинга волновых процессов в прибрежных зонах постоянно находится в фокусе внимания океанологов. Большие надежды связаны со спутниковыми методами, например, альтиметрией, однако большинство из них хуже всего работает именно вблизи берегов. Предлагаемая в настоящей работе технология измерений, основанная на использовании систем удаленного видеонаблюдения для регистрации вертикальных движений специальных маркерных объектов на поверхности воды, обладает рядом преимуществ по сравнению с традиционными подходами. Она проще в развертывании, дешевле, обеспечивает точность измерений уровня поверхности воды, сравнимую с точностью альтернативных методов. Отработка технологии проводилась с 2014 года на Морской экспериментальной станции (МЭС) ТОИ ДВО РАН «Остров Попова».

МЭС является одной из узловых точек системы оперативного научного наблюдения залива Петра Великого, разворачиваемой специалистами института [5]. Одной из важных в последней является подсистема видеомониторинга прибрежных акваторий [6]. Всего в ней используются 8 надводных и 3 подводных камеры, на МЭС о. Попова размещены 2 надводных и 2 подводных. Камеры по заданному расписанию пересылают в базы данных во Владивостоке моментальные снимки и короткие видео, а также ведут непрерывную видеотрансляцию в сеть ДВО РАН. Разрабатываются различные методики оценивания волнения, течений и колебаний уровня моря, основанные на анализе в реальном времени видеопотоков с камер [8].

Наиболее точной и эффективной является методика на основе т.н. видеоволномеров, которая была апробирована в бухте Алексева. Последние представляют собой развернутые в море на дистанциях до 500 м от берега измерительные конструкции с легким контрастным маркером, колеблющимся вертикально под действием волнения и колебаний уровня моря, а также береговой камеры, снимающей сцену с маркером. Программа QAVIS [1,3] с заданной частотой (до 16 раз в

секунду) анализирует кадры видео и регистрирует смещения маркера в пикселях относительно его начального положения. Зная размеры маркера, можно найти масштабный коэффициент для пересчета сигнала волнения $h(t)$ из пикселей в сантиметры или миллиметры.

На рис. 1 а,б представлены конструкции видеоволномеров двух видов. В первом случае подвижная маркерная конструкция насажена на шест, жестко вбитый в грунт. Такой волномер может размещаться только на небольших глубинах, в нашем случае на глубине 3.5 м (100 м от берега). Во втором случае шест прикреплен фалом к грузу на дне (глубина 5 м, удаление от берега 200 м) и снабжен плавучестью, которая стремится придать ему вертикальное положение. Такой волномер может разворачиваться в более глубоких местах, при этом сравнительно легко может быть перенесен на новое место. На рис. 1в демонстрируется процесс регистрации сигнала волнения обоими волномерами. Пользователь на своем рабочем месте в институте выставил на экране компьютера с видеотрансляцией два корреляционных измерителя программы QAVIS, зафиксировал начальные положения маркеров и запустил процесс регистрации. Программа с заданной частотой, по умолчанию 5 раз в секунду, считывает текущие изображения маркеров, рассчитывает взаимные корреляции с начальными изображениями, и по положению максимумов корреляции определяет вертикальные смещения маркеров под действием изменяющегося уровня воды, которые записываются в выходной файл. Последний

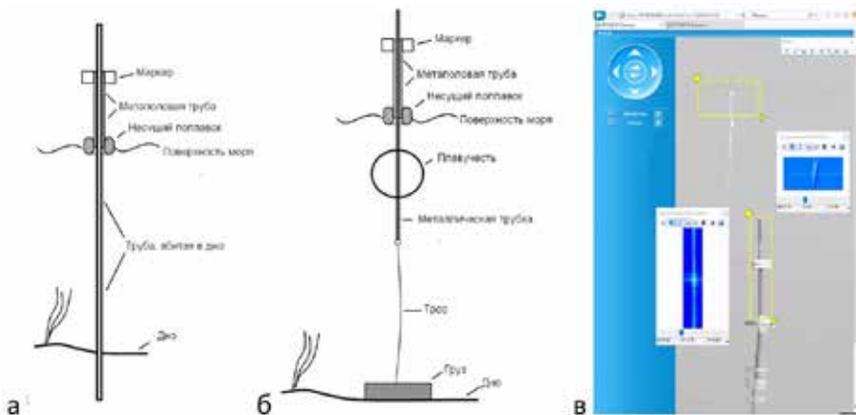


Рис. 1 Конструкции стационарного (а) и мобильного (б) волномеров, процесс измерения волнения (в)

имеет очень простой текстовый формат и может быть обработан любыми программами анализа сигналов. Мы используем собственную программу OceanSP [2,7], все последующие иллюстрации получены с ее помощью. Точность измерения сигнала волнения определяется линейным размером одного пиксела видеокадра, для ближнего волномера он равен 0.45 см, для дальнего 0.8 см.

Как показал опыт применения волномеров, они позволяют фиксировать приливные колебания уровня моря (при достаточной длительности сеанса непрерывного наблюдения), сейшевые колебания с периодами от 1-2 часов до десятков секунд, волнение зыби, ветровое волнение, корабельные волны, волны ряби, вызываемые кратковременными порывами ветра [10].

На рис. 2а приведен фрагмент сигнала со стационарного волномера в бухте Алексеева длительностью 7 часов (22.04.2015, 09:57 – 16:58).

В его спектре Фурье (рис. 2б) отмечены пики, соответствующие периодичностям: (1ч35м, 52м, 10м, 4м20с) – сейшам, 7.7с – зыби, 1.8с – ветровым волнам, 0.8с – ряби. На частотно-временной spectroграмме (рис. 2в) очень хорошо видна временная динамика частотного состава волнения. Внизу, на низких частотах видна горизонтальная полоса, соответствующая волнению, зыби, оно присутствует на протяжении всей записи и не зависит от местных метеоусловий. В начале spectroграммы на протяжении 2 часов видна яркая область соответствующая интенсивному ветровому волнению, очевидно, вызванному достаточно сильным северо-западным ветром в Амурском заливе. После третьего часа записи в spectroграмме вверху начинают преобладать отклики ряби, которая возникает при южном ветре. Он дует в море со стороны берега и в месте установки волномера успевает разогнать лишь волнение ряби. Также в spectroграмме заметны сравнительно короткие наклонные линейные треки - отклики корабельных волн от проходящих мимо бухты судов. Наклон треков обусловлен дисперсией волнового пакета, идущего от судна в сторону волномера, частота регистрируемых волн постепенно возрастает (период уменьшается). По наклону и длительности треков можно примерно оценить расстояние до судна, вызвавшего корабельные волны.

Отметим, что отмеченная в спектре на рис. 2 структура сейшевых колебаний в бухте Алексеева соответствует данным исследований, выполненных ранее научными группами с использованием мето-

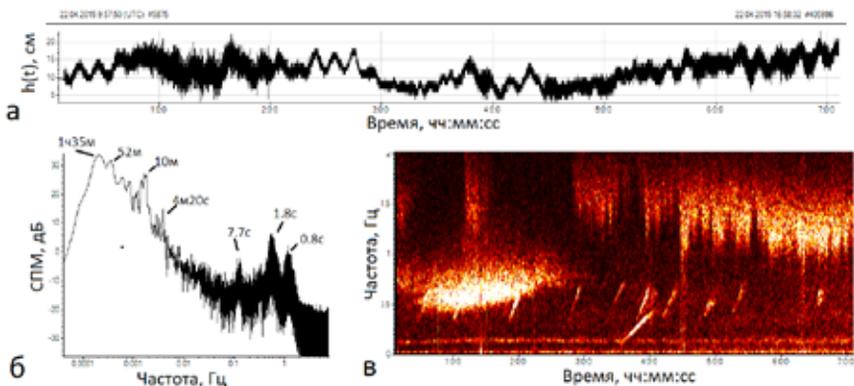


Рис.2 Анализ 7-часовой записи сигнала волнения (22.04.2015, 09:57 – 16:58): а – осциллограмма, б – спектр, в – спектрограмма

дов моделирования и технических средств измерений (см. например, [4,11]). В частности, всеми исследователями отмечается, что наиболее мощной и стабильной является сейшевая компонента с периодом 10 минут, обусловленная геометрией Амурского залива на участке, включающем остров Русский и остров Попова. Размах этих колебаний обычно варьируется в пределах 4-6 см, редко увеличиваясь до 10-12 см. Достоинством систем долговременного непрерывного наблюдения природных процессов является то, что ими фиксируются очень редкие события, Так нами с помощью волномера зафиксирован случай аномально резкого возрастания в бухте Алексеева амплитуды 10-минутных сейшевых колебаний. На рис. 3 представлена осциллограмма 2-часовой записи сигнала волнения, время наблюдений 3 июня 2016 г., с 20 до 22 часов.

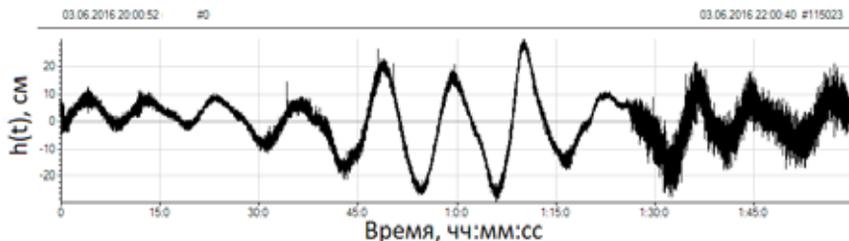


Рис.3 Осциллограмма сигнала волнения с уникально большими 10-минутными сейшевыми колебаниями в бухте Алексеева (3 июня 2016 г., 20:00 – 22:00)

Размах сейшевых колебаний с периодом 10 м достигает 50 см., что в 10 раз больше его обычных значений и в полтора раза больше среднего размаха приливных колебаний в бухте.

Измерения в одной пространственной точке дают информацию об амплитудах, мощности и периодах протекающих на акватории волновых процессов. Для оценки длин и скоростей распространения различных систем волн можно использовать дисперсионные соотношения, связывающие их с частотой (периодом) волнения. Однако в прибрежных зонах, бухтах и заливах эти соотношения не вполне точны. Оценка направления распространения волн по измерениям в одной точке в принципе невозможна. В связи с этим в 2015-2016 годах были проведены испытания трехточечных видеоволномеров [9]. В их конструкции используются три жестко связанные около дна вехи с насаженными на них маркерами. Вехи расположены в углах правильного треугольника. В 2015 году был изготовлен и применялся волномер с базой (длиной стороны треугольника) 1 м, в 2016 г. - с базой 2.85 м. В результате обработки видео синхронно регистрируются сигналы волнения с трех вех. Спектральный анализ позволяет установить и затем методами фильтрации выделить компоненты сигналов, обусловленные рябью, развитым ветровым волнением, зыбью, корабельными волнами от различных судов. Измеряя методами кросскорреляционного анализа для каждой компоненты временные задержки между всеми вехами, можно оценить длины волн, фазовые скорости и направления их распространения.

На рис.4а показана принципиальная схема установленного в б. Алексева трехточечного волномера. На рис.4б демонстрируется процесс регистрации волнения волномером с базой 1 м. Программа QAVIS в реальном времени отслеживает вертикальные перемещения под действием волн трех маркеров, насаженных на вехи.

На рис.4в показан волномер с базой $d=2.85$ м, который справа обходит лодка, движущаяся по направлению к берегу, дата наблюдения 2 ноября 2016 г. На рис.4г показаны синхронные двадцатисекундные осциллограммы со всех вех, на них проявляется короткий цуг из 3-4 корабельных волн. Видно, что первым цуг подходит к вехе 3, затем после паузы к вехе 1 и почти сразу же к вехе 2. Это подтверждается во взаимных корреляционных функциях сигналов (рис. 4е). Наибольшая задержка $= 1.96$ с регистрируется между вехами 3 и 2, т.е. направление распространения волн близко к линии 3-2, что согласуется с

известными схемами генерации корабельных волн. Фазовая скорость распространения волн V равна отношению базы волномера d к этой задержке и равна 1.45 м/с. Период этих волн T по данным спектрального анализа равен 1.75 с, длина волны $\lambda = V * T = 2.54$ м.

На рис. 4е показаны корреляционные функции для упоминавшихся в комментариях к рис. 2 ветровых волн от 22 апреля 2015 г. База использовавшегося тогда трехточечного волномера была равна 1 м. Средний период волнения 1.85 с. Видно, что задержки между парами

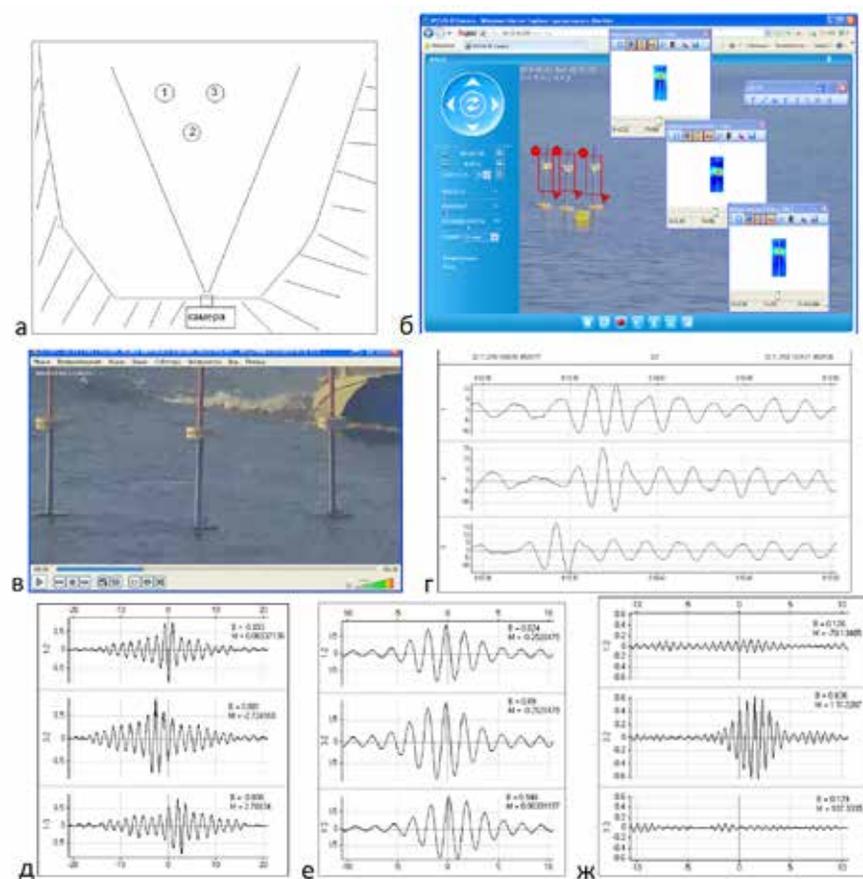


Рис.4 Трехточечные волномеры в бухте Алексеева: а – схема видеоволномера (размещение камеры и вех волномера); б – процесс измерений; в – случай с лодкой; д – осциллограммы корабельных волн; д-ж – корреляционные функции между вехами для корабельных волн, ветровых волн и ряби

вех 1-2 и 3-2 равны между собой и равны 0.25 с, а задержка в паре 1-3 равна 0.06, т.е. близка к нулевой. Значит волны распространяются в сторону берега, почти синхронно проходя вехи 1,3 и затем веху 2. Скорость волн 3.5 м/с, длина волны 6.1 м.

На рис. 4ж для того же случая показаны корреляционные функции волн ряби, имеющих средний период 0.67 с. Наиболее явно корреляционный максимум выражен для направления 2-3, при этом задержка равна 1.51 с. Т.е. рябь распространяется со стороны берега в этом направлении, совпадающим с географическим направлением «Юг-Север». Скорость движения ряби 0.67 м/с, длина волны 0.44 м. Малость корреляции в других направлениях, по-видимому, обусловлена малой длиной гребней ряби, меньшей 1 метра.

Таким образом, использование трехточечных видеоволномеров существенно дополняет описание волновых процессов в прибрежных зонах по сравнению с одноточечными, позволяя оценивать не только периоды волнения, но также направления распространения, скорости и длины волн.

В 2018 году в бухте Алексеева проводились синхронные наблюдения волновых процессов с использованием стационарного и мобильного волномеров (см. рис. 1), некоторые результаты приведены на рис. 5. Одной из целей этих наблюдений было исследование эффективности конструкций мобильных (заякоренных) волномеров. Их преимуществом является возможность установки более далеко от берега, на больших глубинах. Недостатком являются случайные движения маркера по поверхности воды под действием течений и ветра, приводящие к небольшой неконтролируемой добавке в вертикальные смещения маркера в поле зрения камеры.

Сравнение полученных в различное время сигналов с обоих волномеров показало, что их спектры очень похожи в диапазоне поверхностных волн, но имеют небольшие отличия в сейшевом диапазоне. В целом считаем, что заякоренные видеоволномеры вполне могут применяться для регистрации волнения на значительных удалениях от берега. Для примера на рис. 5а приведены трехчасовые осциллограммы сигналов волнения, зарегистрированных дальним (h200) и ближним (h100) волномерами, измерения проводились 11 октября 2018 г. с 4 до 7 часов утра. На рис. 5б приведены спектры сигналов волнения, которые визуалью очень похожи.

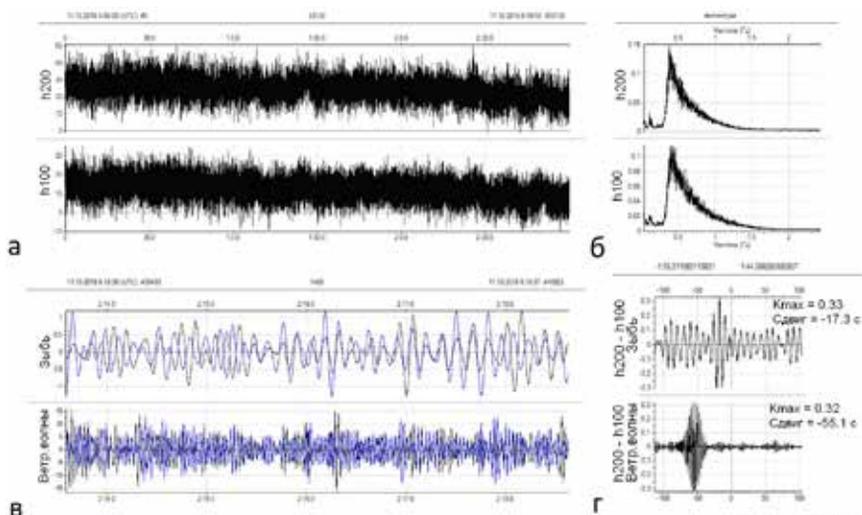


Рис.5 Анализ 7-часовых записей сигнала волнения на стационарном и мобильном волномерах: а – осциллограммы; б – спектры; в – компоненты зыби (вверху) и ветрового волнения (внизу); г – взаимные корреляции этих компонент

Вторая цель применения двух, разнесенных на 100 м волномеров состояла в измерении пространственных масштабов когерентности и групповых скоростей распространения различных систем волнения. В спектрах на рис. 5б видны отклики зыби с периодами 9-10 с (небольшой, но заметный пик на низких частотах) и ветровых волн с периодами 1-3 сек (более мощный и широкий пик правее первого). Компоненты зыби и ветрового волнения были выделены из исходных сигналов методами частотной фильтрации. На рис 5в отображены осциллограммы 5-минутных фрагментов этих компонент, вверху зыбь, внизу ветровые волны. Сигналы с дальнего волномера отображаются черным цветом, сигналы с ближнего волномера – серым. На рис. 5г отображены взаимные корреляционные функции между сигналами, зарегистрированными дальним и ближним волномерами: вверху корреляции волн зыби, внизу – корреляции ветровых волн. Отметим прежде всего, что в обоих случаях на взаимных корреляционных функциях зрительно хорошо заметны пики, что подтверждает когерентность рассматриваемых типов волн на расстояниях до 100 м. При этом сами значения корреляций в максимумах не очень велики: 0.33 для зыби и 0.32 для ветровых волн, это свидетельствует о том, что спустя 100 м форма сигналов претерпела уже достаточно существенные измене-

ния. Наиболее важными параметрами являются положения корреляционных пиков относительно точки начала координат, фиксирующие временную задержку между сигналами, регистрируемыми разными волномерами. В нашем случае обе задержки отрицательные это означает, что зыбь и ветровые волны движутся по направлению к берегу, последовательно проходя сначала дальний волномер, затем ближний. Для волн зыби задержка равна 17 с, следовательно, скорость их движения $V_{\text{зыби}} = 100\text{ м} / 17\text{ с} = 5.9\text{ м/с}$. Для ветровых волн задержка существенно больше – 55 с, скорость их движения равна $V_{\text{волн}} = 100\text{ м} / 55\text{ с} = 1.8\text{ м/с}$.

В целом считаем, что рассмотренные в работе технологии измерения волнения на базе видеоволномеров могут применяться на прибрежных акваториях совместно с другими методами измерений либо самостоятельно.

Благодарность Работа выполнена при поддержке Программы ДВО РАН на 2018-2020 гг. (проект № 18-1-004)

Литература

1. Гончарова А.А., Фищенко В.К., Дубина В.А. Применение программы экспресс-анализа изображений и видео QAVIS в задачах спутникового мониторинга // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2012. Т. 9. № 3. С. 293-298.
2. Программа для ЭВМ «Программа анализа океанологических сигналов (OceanSP)»: Св-во о рег. № 2018611821. Российская Федерация / В.К. Фищенко, А.А. Гончарова. З. № 2017660892, заявл. 26.10.2017, зарег. 07.02.2018, Бюл. №2
3. Программа для ЭВМ «Программа экспресс-анализа изображений и видео (QAVIS)»: Св-во о рег. № 2017611593. Российская Федерация / В.К. Фищенко, А.А. Гончарова. З. № 2016663409, заявл. 08.12.2016, зарег. 06.02.2017, Бюл. №2
4. Смирнов С.В. О расчете сейшевых колебаний средней части залива Петра Великого // Сибирский журнал вычислительной математики. 2014. Т. 17. № 2. С. 203-216.
5. Фищенко В. К., Голик А. В., Гончарова А. А., Олейников И. С., Подольский Л. А., Суботэ А. Е. Развертывание киберинфраструктуры и элементов системы комплексного оперативного мониторинга побережья и акваторий залива Петра Великого // Современные методы и средства океанологических исследований: Материалы XIV Международной научно-технической конференции «МСОИ-2015». М., 2015. Т.2. С. 300-303.
6. Фищенко В.К., Голик А.В., Суботэ А.Е., Зацерковный А.В., Дубина В.А. Система научного видеомониторинга залива Петра Великого (Японское море) // Геоинформатика. 2011. № 4. С. 30-41

7. Фищенко В.К., Гончарова А.А. Программа обработки океанологических сигналов OCEANSP и ее применение в задачах физики геосфер // Материалы докладов 8-го Всеросс. Симп. «Физика геосфер». Владивосток. 2013. С. 216-219.
8. Фищенко В.К., Долгих Г.И., Зимин П.С., Суботэ А.Е. Некоторые результаты океанологического видеомониторинга // Доклады Академии наук. 2018. Т. 482. № 3. С. 336-339.
9. Фищенко В.К., Зимин П.С., Суботэ А.Е., Голик А.В., Зацерковный А.В. Трехточечные видеоволномеры // В сборнике: ФИЗИКА ГЕОСФЕР Материалы докладов. 2017. С. 131-135
10. Фищенко В.К., Суботэ А.Е., Зимин П.С., Подольский Л.А. Разработка и применение конструкции широкополосного видеоволномера для регистрации поверхностного волнения и колебаний уровня моря // Физика Геосфер: Девятый Всероссийский симпозиум, 21-24 сентября 2015 г., Владивосток, Россия: мат.докл. / ФГБУН ТОИ ДВО РАН.- Владивосток: Дальнаука, 2015. С. 226– 231
11. Шевченко Г.В., Чернов А.Г., Ковалев П.Д., Горин И.И. Резонансные колебания в заливах и бухтах: натурные эксперименты и численное моделирование // Труды Нижегородского технического университета им. Р.Е. Алексева. Н. Новгород, 2010. № 1 (80). С. 52-62.

References

1. Goncharova A.A, Fishchenko V.K., Dubina V.A. Primeneniye programmy ekspress-analiza izobrazheniy i video QAVIS v zadachakh sputnikovogo monitoring. Sovremennyye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa 2012. Т. 9. № 3. p. 293-298. (in Russian)
2. Programma dlya EVM «Programma analiza okeanologicheskikh signalov (OceanSP)»: Sv-vo o reg. № 2018611821. Rossiyskaya Federatsiya. V.K. Fishchenko, A.A. Goncharova. Z. № 2017660892, zayavl. 26.10.2017, zareg. 07.02.2018, Byul. №2
3. Programma dlya EVM «Programma ekspress-analiza izobrazheniy i video (QAVIS)»: Sv-vo o reg. № 2017611593. Rossiyskaya Federatsiya. V.K. Fishchenko, A.A. Goncharova. Z. № 2016663409, zayavl. 08.12.2016, zareg. 06.02.2017, Byul. №2
4. Smirnov S.V. O raschete seyshevyykh kolebaniy sredney chasti zaliva Petra Velikogo. Sibirskiy zhurnal vychislitel'noy matematiki. 2014. Т. 17. № 2. p. 203-216. (in Russian)
5. Fishchenko V. K., Golik A. V., Goncharova A. A., Oleynikov I. S., Podol'skiy L. A., Subote A. Ye. Razvertyvaniye kiberinfrastruktury i elementov sistemy kompleksnogo operativnogo monitoringa poberezh'ya i akvatoriy zaliva Petra Velikogo. Sovremennyye metody i sredstva okeanologicheskikh issledovaniy: Materialy XIV Mezhdunarodnoy nauchno-tehnicheskoy konferentsii «MSOI-2015». M., 2015. T.2. p. 300-303. (in Russian)
6. Fishchenko V.K., Golik A.V., Subote A.Ye., Zatserkovnyy A.V., Dubina V.A. Sistema nauchnogo videomonitoringa zaliva Petra Velikogo (Yaponskoye more). Geoinformatika. 2011. № 4. p. 30-41 (in Russian)
7. Fishchenko V.K., Goncharova A.A. Programma obrabotki okeanologicheskikh signalov OCEANSP i yeye primeneniye v zadachakh fiziki geosfer. Materialy dokladov 8-go Vseross. Simp. «Fizika geosfer». Vladivostok. 2013. p. 216-219. (in Russian)

8. Fishchenko V.K., Dolgikh G.I., Zimin P.S., Subote A.Ye. Some Results of Oceanological Video Monitoring. *Doklady Earth Sciences*, 2018. Vol. 482. Part 1. p. 1244–1247. DOI: 10.1134/S1028334X18090283
9. Fishchenko V.K., Zimin P.S., Subote A.Ye., Golik A.V., Zatserkovnyy A.V. Trekhtocheynye videovolnomery. V sbornike: *FIZIKA GEOSFER Materialy dokladov*. 2017. S. 131-135 (in Russian)
10. Fishchenko V.K., Subote A.Ye., Zimin P.S., Podol'skiy L.A. Razrabotka i primeneniye konstruktсии shirokopolosnogo videovolnomera dlya registratsii poverkhnostnogo volneniya i kolebaniy urovnya moray. *Fizika Geosfer: Devyatyy Vserossiyskiy simpozium*, 21-24 sentyabrya 2015. Vladivostok, Rossiya: mat.dokl. / FGBUN TOI DVO RAN.- Vladivostok: Dal'nauka, 2015. p. 226– 231. (in Russian)
11. Shevchenko G.V., Chernov A.G., Kovalev P.D., Gorin I.I. Rezonansnyye kolebaniya v zalivakh i bukhtakh: naturnyye eksperimenty i chislennoye modelirovaniye. *Trudy Nizhegorodskogo tekhnicheskogo universiteta im. R.Ye. Alekseyeva. N. Novgorod*, 2010. № 1 (80). p. 52-62. (in Russian)