

ПРОГРАММА QAVIS:  
ПРИМЕНЕНИЕ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК  
МОРСКОГО ВОЛНЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ  
ИНТЕРНЕТ-ВИДЕОТРАНСЛЯЦИЙ С НАДВОДНЫХ  
И ПОДВОДНЫХ КАМЕР

**Фищенко В.К., Гончарова А.А., Голик А.В., Зимин П.С.**

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

В ТОИ ДВО РАН разработана и применяется в исследованиях морских процессов в заливе Петра Великого программа экспресс-анализа изображений и видео QAVIS (Quick Analysis of Video and Images for Scientists) [1]. Программа предоставляет пользователю набор инструментов, с помощью которых он в режиме реального времени может количественно оценивать те или иные пространственные либо временные закономерности изображений и видео, наблюдаемые на экране компьютера. Для задач измерения характеристик волнения на основе анализа видеотрансляций с прибрежных камер наиболее эффективны два инструмента. Инструмент Яркость – измеряет среднюю яркость в локальной области экрана, указанной пользователем. Если инструмент установлен на морской сцене в область, через которую проходит волновой процесс, то сигнал изменения яркости отраженного от воды в сторону камеры света  $b(t)$ , обусловленный периодическим изменением наклона проходящих через инструмент волн, несет информацию о частотных свойствах реального сигнала волнения  $h(t)$ , и поэтому может считаться его оценкой. Инструмент Корреляция рассчитывает и отображает взаимную корреляционную функцию между парами кадров видео – начальным и текущим, в заданной пользователем области. Если в области анализа находится маркерный объект, например буй на поверхности воды, то максимум корреляции отслеживает смещение объекта в поле зрения кадра относительно его начального положения. Программа сохраняет последовательность этих смещений в выходной файл в виде временного сигнала перемещений маркера. В ситуации с бумом вертикальную компоненту его движений можно рассматривать как прямую оценку сигнала волнения  $h(t)$ .

В процессе работы с данными развернутой нами системы научного видеонаблюдения залива Петра Великого [2] применялись еще несколько методик оценивания сигналов волнения помимо приведенных выше.

В частности, был разработан и использовался ряд методик оценивания вариаций подводных течений и поверхностного волнения на основе анализа видеотрансляций с подводных камер [3]. Инструмент Корреляция оценивал сигналы горизонтальных движений искусственных либо естественных подводных маркеров, под воздействием перемещений водных масс. Последние обусловлены либо реальными подводными течениями, либо прохождением на поверхности моря волнового процесса. Как известно, поверхностные волны вовлекают в круговые либо эллиптические периодические движения нижележащие слои воды. Результаты подводных измерений сравнивались с синхронными надводными QAVIS-измерениями сигналов поверхностного волнения. Они оказались существенно коррелированными в диапазоне ветровых и корабельных волн, зыби и даже короткопериодных сейшей. Это доказывает, что с помощью подводных наблюдений, применяя QAVIS, можно исследовать процессы, проходящие на поверхности моря.

Отметим, что технология QAVIS очень простая, она может быть легко использована учеными на работе или дома для проведения подобных исследований морских процессов в любых местах на побережье Мирового океана, где установлена надводная либо подводная камера, ведущая трансляцию в сеть Интернет [4]. Для этого ученому нужны лишь подключенный к интернету компьютер и программа QAVIS, компактная и удобная в использовании (<http://oias.poi.dvo.ru/qavis/>).

В докладе будут представлены некоторые результаты двух исследований, связанных с синхронной регистрацией подводных и надводных сигналов на основе анализа программой QAVIS видеотрансляций в сети Интернет.

Первое исследование было проведено на Международном рыбацком пирсе в Дирфилд Бич, небольшом курортном городе на Атлантическом побережье штата Флорида (США). Ближе к концу пирса установлена стационарная надводная камера, обозревающая площадку для рыбной ловли и ближайшую к ней акваторию. Под пирсом, ближе к берегу, установлена подводная PTZ камера. Она может поворачиваться в горизонтальном и вертикальном направлениях, а также изменять оптическое увеличение объектива. Обычно, камера циклически обходит три позиции, условно, левую, центральную и правую, останавливаясь в каждой на некоторое время, порядка 3–5 минут. Иногда камера стоит стационарно в одной из них несколько часов. Начиная с 2019 года, было сделано несколько циклов наблюдений.

На рис. 1 приведен скриншот экрана компьютера во время выполнения цикла наблюдений 12–14 сентября 2022 г., после прошедшего в регионе небольшого шторма. На экране компьютера синхронно идут две видеотрансляции: слева с надводной камеры <https://www.youtube.com/>

watch?v=H33wtprQqSM, справа с подводной <https://www.youtube.com/watch?v=IXzSU7ezjp8>. На первой трансляции установлены 4 инструмента Яркость, регистрирующие вариации локальной яркости водной поверхности при прохождении по ней волнового процесса. Наиболее удаленные инструменты В1 и В2, расстояние между ними около 50 м. Инструменты В3 и В4 расположены, соответственно, за рыбацкой площадкой и перед ней. Подводный корреляционный инструмент Су измеряет на второй трансляции вертикальные движения растительности на одной из свай пирса под воздействием подводных движений водных масс, вызванных поверхностными волнами. На рис. 1 справа показано примерное расположение всех QAVIS инструментов около пирса на карте Google Earth.

На рис. 2а показаны спектры надводных сигналов В1-В4 и подводного сигнала Су на двухчасовом интервале - 13.09.2022, с 10 до 12 часов (время UTC). На всех синхронно проявляется периодичность 13–14 сек, свойственная волнам зыби. На рис. 2б приведены взаимные корреляционные функции между компонентами этой зыби, выделенными в сигналах поверхностного волнения В1-В4 методом частотной фильтрации. На всех видны значимые пики корреляции, а определяемые по их положению временные задержки между сигналами согласованы с предположением, что волны зыби идут к берегу под некоторым острым углом слева направо (см. схему на рис. 1). По данным климатического реанализа на сайте <https://earth.nullschool.net/> волны зыби с периодом 14.5 сек и высотой 0.7 м вблизи пирса в то же самое время шли под углом 30 градусов с

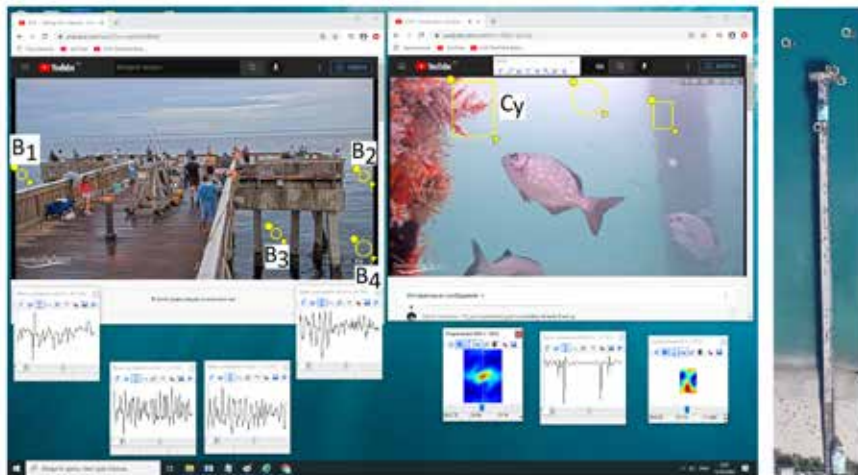


Рис. 1. Синхронные QAVIS-измерения на видеотрансляциях с надводной и подводной камер в Дирфилд Бич. (12–13 сентября 2022 г.)

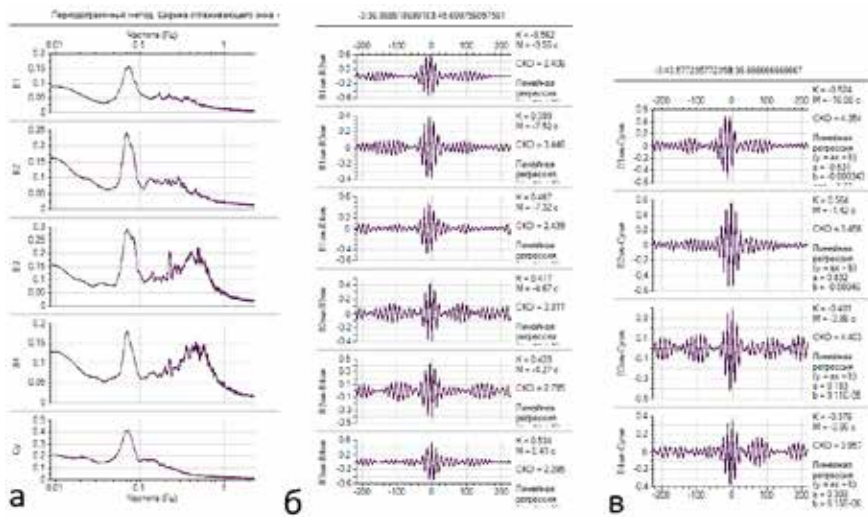


Рис. 2. Результаты анализа данных QAVIS-измерений: а) – спектры надводных и подводных оценок сигналов волнения; б) взаимные корреляционные функции между компонентами зыби надводных ярких сигналов; в) взаимные корреляционные функции между компонентами зыби надводных сигналов и подводного сигнала движений травы на свае.

северо-восточного направления, что фактически совпадает со сделанным предположением. В целом, полагаем, что приведенные на рис. 2 а,б результаты подтверждают эффективность ярких QAVIS инструментов В1-В4 для анализа частотных свойств поверхностного волнения.

На рис. 2в приведены корреляционные функции между компонентами зыби ярких сигналов В1sw – В4sw и компонентой зыби Cysw подводного сигнала. Основной вывод - эти сигналы коррелированы, временные задержки между сигналами не противоречат сделанному выше предположению о направлении распространения волн зыби. Таким образом, можно заключить, что наблюдения с помощью QAVIS за движениями естественных подводных маркеров типа морской растительности позволяют получать информацию о частотном составе поверхностного волнения.

Приведем кратко результаты еще одного исследования с использованием надводных и подводных камер. В начале 2023 года при просмотре популярного сервиса видеотрансляций <https://www.skylinewebcams.com/> была найдена интересная трансляция с подводной камеры, установленной на акватории пляжа Каравостаси (Греция, остров Крит, регион Ретимно). На подводной сцене по случаю Нового года местные дайверы

установили искусственную елку с шарами и транспаранты с поздравлениями. С помощью QAVIS были произведены измерения сигналов горизонтальных движений шаров и транспарантов под воздействием движений водных масс. В сигналах были обнаружены периодичности, характерные для волн зыби и ветрового волнения. Однако желательно было подтвердить факт взаимосвязи частотных свойств подводных течений и поверхностного волнения независимыми измерениями. При дальнейших поисках на упоминавшемся видео-сервисе была найдена надводная трансляция с пляжа Каравостаси. Были проведены несколько циклов совместных измерений, подтвердивших, что сигналы движений подводных маркеров коррелированы с яркостными сигналами, регистрируемыми на поверхности воды, а также в зонах выхода волн на берег и на окружающие пляж скалы. Однако не удалось продемонстрировать работоспособность еще одной ранее апробированной нами подводной методики оценивания сигналов поверхностного волнения, основанной на регистрации модуляции яркости подводной сцены уклонами взволнованной водной поверхности, через которую свет из атмосферы проходит в толщу воды.

В конце января все искусственные конструкции были удалены дайверами со дна моря, а 5 февраля на побережье Крита вышел сильный шторм. Была предпринята еще одна попытка провести регистрацию

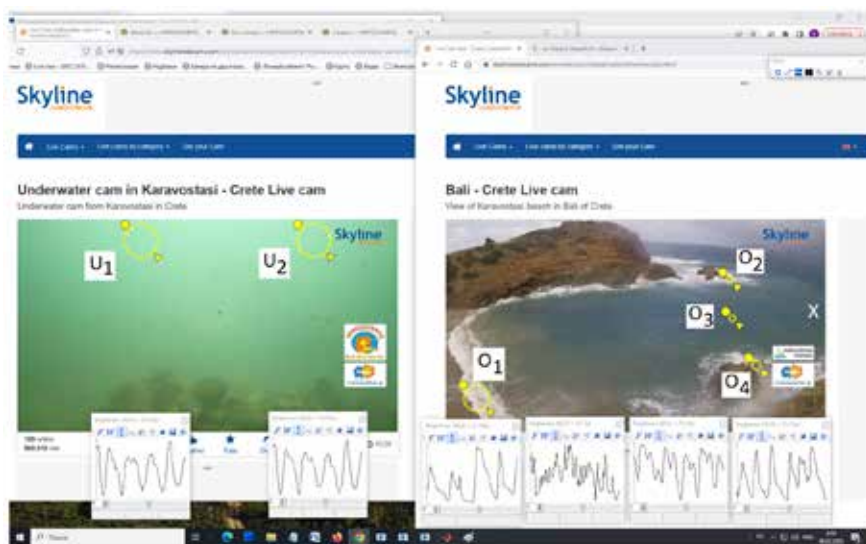


Рис. 3. Синхронные QAVIS-измерения на видеотрансляциях с надводной и подводной камер в Каравостаси (Крит, Греция). 5 февраля 2023 г.

эффекта модуляции освещенности подводной сцены уклонами поверхностных волн, которые на этот раз были большими. На рис. 3 демонстрируется схема наблюдений. На подводной сцене регистрируются два яркостных сигнала U1 и U2, а на надводной - четыре яркостных сигнала O1-O4. Последующий анализ подтвердил факт синхронной регистрации всеми измерителями волн зыби с периодами 8–9 сек, а также значительную коррелированность надводных и подводных сигналов.

### Литература

1. Fischenko V.K., Goncharova A.A., Dolgikh G.I., Zimin P.S., Subote A.E., Golik A.V. Express image and video analysis technology QAVIS: application in system for video monitoring of Peter the Great Bay (Sea of Japan / East Sea) // J. Mar. Sci. Eng. 2021. 9(10). 1073; <https://doi.org/10.3390/jmse9101073>
2. 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.
3. Фищенко В.К., Зимин П.С., Голик А.В., Гончарова А.А. Использование систем стационарного подводного видеонаблюдения для оценивания параметров подводных течений и морского волнения // Подводные исследования и робототехника. 2020. № 2 (32). С. 62–73. DOI: 10.37102/24094609.2020.32.2.008
4. Долгих Г.И., Фищенко В.К., Гончарова А.А. О возможности регистрации волнения и колебаний уровня моря в прибрежных районах мирового океана на основе анализа видео в сети интернет // ДАН. 2019. Т. 488. № 6. С. 667–672. DOI: 10.31857/S0869-56524886667-672.