

УДК 551.46.083

НОВЫЕ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ И ПЕРЕДАЮЩИЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ОПЕРАТИВНОЙ ОКЕАНОГРАФИИ НА ЧЕРНОМОРСКОМ ПОЛИГОНЕ «ГЕЛЕНДЖИК» ИНСТИТУТА ОКЕАНОЛОГИИ РАН

© 2024 г. В. И. Баранов*, А. Г. Зацепин**, С. Б. Куклев,
В. В. Очередник, В. В. Машура

Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, Москва, Россия

**e-mail: baranovvlad@mail.ru*

***e-mail: zatsepin@ocean.ru*

Поступила в редакцию 17.04.2023 г.

После доработки 21.06.23 г.

Принята к публикации 18.07.23 г.

Описаны конструкция и принципы функционирования донной мультимодемной станции MDS-II, установленной на Полигоне «Геленджик» Института океанологии им. П.П. Ширшова РАН в прибрежной зоне (глубина места — 25 м) в северо-восточной части Черного моря. Станция подсоединена к береговому центру посредством оптоволоконного кабеля, по которому подается электропитание и происходит онлайн передача данных измерений. К станции можно подключить измеритель, получить к нему доступ и в режиме реального времени дистанционно управлять его работой. К одному из модемов станции MDS-II подсоединена автоматическая стационарная станция вертикального зондирования (ССВЗ) водной толщи. В состав ССВЗ входит электролебедка, установленная на дне моря, и плавучий измерительный модуль на кабельной линии, намотанной на барабан лебедки. При подаче команды «зондирование» происходит разматывание кабеля и плавучий модуль, оснащенный датчиками температуры и давления, всплывает и измеряет профиль температуры воды от придонного слоя до поверхности моря. Затем кабель наматывается на барабан, и плавучий модуль возвращается в придонный слой. Осуществляется разработка макета новой ССВЗ, позволяющей проводить зондирования водного слоя до глубины 100 м. Она будет оснащена мультипараметрическим зондом для синхронных измерений гидрофизических и биооптических параметров.

Ключевые слова: полигон, мультимодемная станция, подводная донная лебедка

DOI: 10.31857/S0030157424010106, **EDN:** SNOUTN

ВВЕДЕНИЕ

В прибрежной зоне Черного моря в районе г. Геленджик на базе Южного отделения Института океанологии им. П.П. Ширшова РАН (ЮО ИО РАН) с 2013 г. функционирует постоянно действующий полигон (далее — Полигон «Геленджик», <http://polygon.ocean.ru/index.php>), предназначенный для мониторинга и исследования состояния водной среды и биоты [7]. Полигон занимает акваторию с площадью 10×15 квадратных километров, охватывающую шельфово-склоновую зону Черного моря, и простирается вдоль берега от Голубой бухты до Дивноморска. На Полигоне проводятся регулярные контактные измерения гидрофизических, гидрохимических и биологических параметров с использованием судна [1], а также с помощью автономных автоматических донных и заякорен-

ных буйковых станций. Кроме того, проводятся экспериментальные работы, целью которых является испытание новых методов и средств измерений и оперативной передачи данных, а также их внедрение в практику океанографических исследований.

Задача организации на Полигоне регулярных измерений параметров водной среды и биоты с передачей данных потребителю в реальном времени является типичной для оперативной океанографии [9], одного из новых и быстро развивающихся направлений океанологии. Решение этой задачи позволит проводить оперативную оценку базовых параметров водной среды на основе измерений, выполняемых как с борта судна [10], так и с помощью роботизированных автоматических станций [5]. Наблюдательная система оперативной океанографии

уже частично реализована на Полигоне. Данная статья посвящена описанию некоторых новых элементов этой системы, к которым относятся автоматические станции, регулярно измеряющие вертикальные распределения гидрофизических и биооптических параметров водной среды и оперативно передающие результаты измерений в береговой центр сбора и обработки информации.

На Полигоне уже используются несколько измерительных систем, измеряющих вертикальные распределения физических параметров и работающих в автоматическом режиме. Это зонд-профилограф «Аквалог» [12, 17, 18] и цепочки термодатчиков [14, 15], проводящие измерения в толще вод, вне приповерхностного слоя. Такая особенность обусловлена их расположением на заякоренных буйковых станциях с подповерхностной плавучестью: заглубление плавучести на 5–30 м необходимо для минимизации влияния ветрового воздействия и поверхностных волн на процесс измерения гидрофизических параметров. Тем не менее имеется насущная потребность проводить измерения вертикальных распределений физических и биооптических параметров вплоть до самой поверхности моря, поскольку именно в приповерхностном слое наиболее сильно проявляются атмосферное воздействие, эффекты солнечного прогрева и опреснения, вызванного осадками и береговым стоком [16], а также фотосинтеза.

Для решения этой проблемы в последние годы был разработан мобильный автоматический лебедочный зонд-профилограф «Винчи» с системой оперативной передачи данных измерения потребителю по каналу GSM-связи [11]. Этот профилограф представляет собой автоном-

ное устройство с моторным приводом, контроллером и аккумуляторной батареей, размещенное в герметичном цилиндрическом корпусе. В нем использована подводная лебедка с золотником, совмещенным с приводным валом двигателя [13]. Обладая положительной плавучестью, профилограф поднимается/опускается в водной толще, разматывая/наматывая трос, прикрепленный к донному анкеру. При перемещении на заданную глубину парковки, контролируемую датчиком давления, вращение моторного привода реверсируется, изменяя направление намотки/размотки. Оперативная передача данных по каналу мобильной связи осуществляется в период нахождения зонда на поверхности моря. Место постановки зонда лимитировано наличием GSM-связи, а также глубиной места, которая не должна превышать нескольких десятков метров.

В данной статье описывается другая система, предназначенная для измерения вертикальных распределений физических и биооптических параметров от придонного слоя до поверхности моря, в состав которой входят донная лебедка с плавучим зондом-носителем и донная мультимодемная станция, подключенная к береговому центру с помощью оптоволоконного кабеля, благодаря которому с берега подается электрическое питание, а на берег в онлайн режиме передаются данные измерений. Измерительная и мультимодемная части этой системы расположены на расстоянии 1300 м от берега на траверсе Голубой бухты (рис. 1).

Далее в статье последовательно рассматриваются элементы этой системы и обсуждаются некоторые перспективы ее дальнейшего использования.

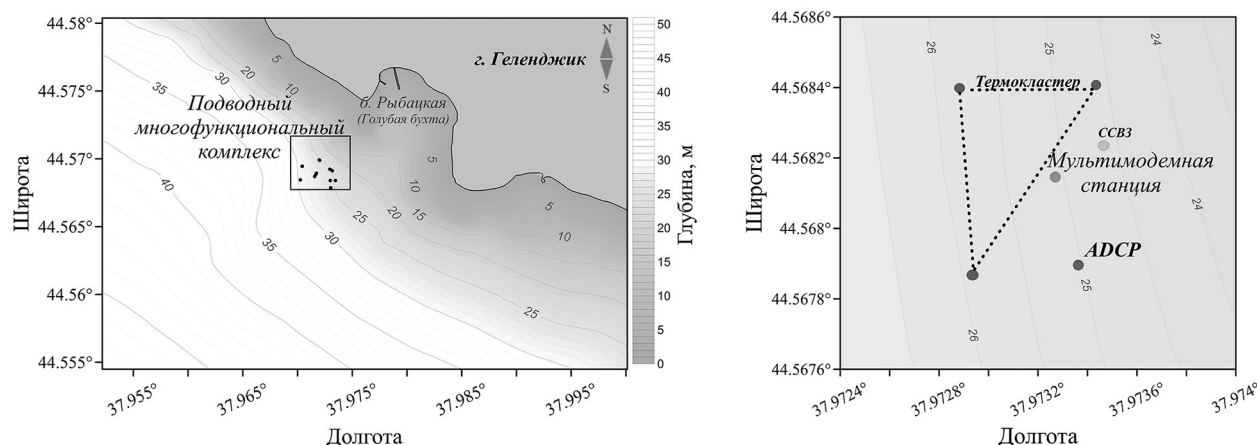


Рис. 1. Схема расположения подводного многофункционального комплекса, предназначенного для измерения вертикальных распределений физических и биооптических параметров от придонного слоя до поверхности моря с онлайн передачей данных в береговой центр.

МУЛЬТИМОДЕМНАЯ СТАНЦИЯ НА ОПТОВОЛОКОННОМ КАБЕЛЕ

Как уже указывалось выше, на Полигоне «Геленджик» используется донная мультимодемная станция (MDS-II) с оптоволоконной кабельной линией связи с берегом (см. рис. 1), разработанная специалистами ИО РАН [3]. Впервые такая станция [2] была поставлена еще в 2012 г. с минимальным набором подключаемых модулей: донным акустическим доплеровским профилографом скорости течения (ADCP) [8] и цепочкой термодатчиков. Она была подключена к береговому центру с помощью кабель-троса, проложенного по дну. В дальнейшем эта станция несколько раз модернизировалась, и на данный момент она имеет модульную конструкцию, что позволяет наращивать количество подключаемых к ней измерителей, увеличивать ее информативность и улучшать качество получаемых данных.

В настоящее время эта станция является подводным сервером, к которому можно подключить практически любой измеритель, при этом иметь к нему доступ в режиме реального времени и управлять его работой. Получаемая инфор-

мация может обрабатываться и использоваться оперативно для планирования судовых исследований, для усвоения данных измерений в численных гидродинамических моделях или для валидации результатов моделирования.

Внешний вид мультимодемной станции показан рисунке 2. Станция расположена на глубине 25 м на траверсе Голубой бухты.

Перечислим принципы, которые были использованы при проектировании и создании последней модификации донной мультимодемной станции MDS-II:

- передача измеряемых параметров в береговой центр приема и хранения данных в режиме реального времени;
- возможность оперативно управлять режимом проведения измерений, частотой опроса датчиков и прочим в зависимости от изменяющихся условий в море и в атмосфере;
- возможность дистанционного управления измерениями по сети Интернет;
- возможность подключения большого количества различных измерительных приборов;

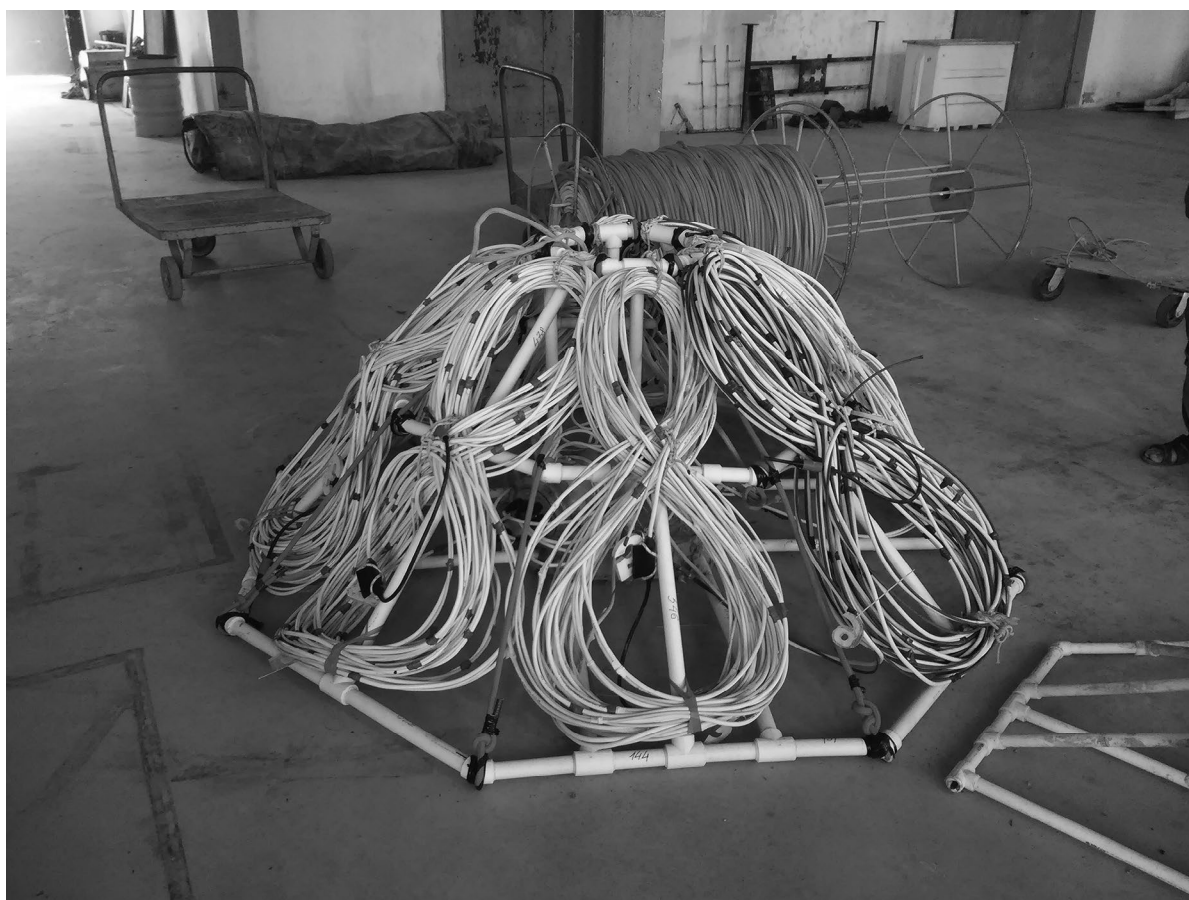


Рис. 2. Мультимодемная станция MDS-II, готовая к установке на дно.

- простота в обслуживании и возможность оперативного изменения состава подключенных к станции приборов.
- неограниченный ресурс по питанию и времени работы.

На этих принципах была разработана функциональная схема станции (рис. 3).

Подводная часть станции связывается с береговым центром по оптоволоконной линии с большой пропускной способностью, которая достигает 1 Гбит/с. Такая скорость передачи данных позволяет использовать на станции несколько каналов с различной пропускной способностью и различными интерфейсами для коммуникации с подключаемыми к ним приборами. В данной станции были использованы низкоскоростные интерфейсы RS232 с пропускной способностью до 19200 бит/с, а также высокоскоростные удлинители Ethernet с пропускной способностью до 200 Мбит/с. Например, STD-зонды, характеризующиеся небольшим потоком данных измерений, целесообразно подключать к низкоскоростным каналам, а такие приборы, как камеры видеонаблюдения и акустические станции, характеризующиеся большим потоком информации, — к высокоскоростным каналам связи.

Стоит отметить, что используемый оптоволоконный кабель марки ОК-ГС15-Мм1-4Е3-2х2,0-

36ПП имеет две медные жилы. Это дает возможность питать с берега саму станцию, а также подключаемые к ней устройства. Как следствие, имеется практически неограниченный энергетический ресурс для всех подключенных к станции устройств. Поэтому можно реализовать повышенную временную дискретность и пространственное разрешение измерений.

Функциональная схема отражает только общую конфигурацию мультимодемной станции, а структурная схема (рис. 4) содержит узлы и блоки, разработанные при ее создании. Важными входным и выходным элементами станции является оптоволоконный кабель, проложенный по дну Черного моря от причала ЮО ИО РАН до места постановки станции. Этот кабель связывает станцию с береговым центром, расположенным в оконечной части причала ЮО ИО РАН в специально оборудованном кунге. В береговом центре размещен персональный компьютер (ПК), подключенный через коммутатор к медиаконвертеру, а медиаконвертер подключен непосредственно к оптоволокну кабеля. Медиаконвертер преобразует электрические сигналы Ethernet в оптические. Управление станцией и прием измеряемых данных осуществляется с ПК. Кроме того, из берегового приемного центра через медные жилы оптоволоконного кабеля осуществляется подача питания 220 В на мультимодемную станцию, которая через гермоввод под-

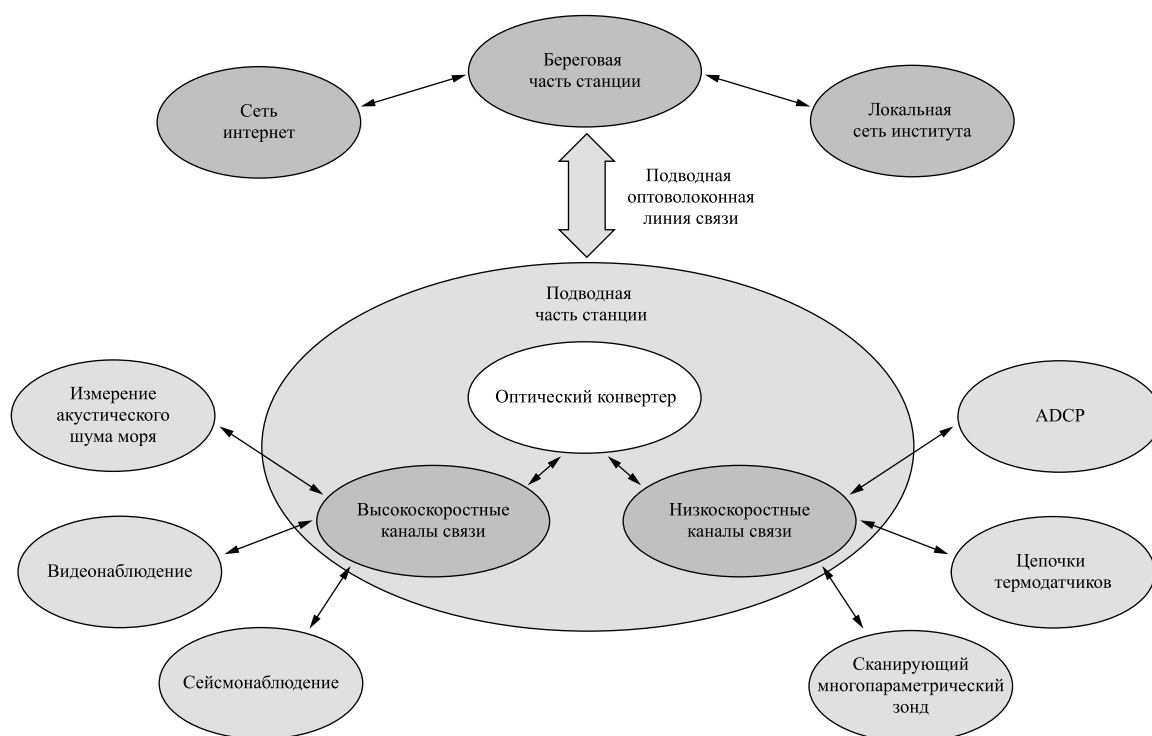


Рис. 3. Функциональная схема донной мультимодемной станции MDS-II и примерный состав подключаемых к ней приборов.

ключена к другому концу кабеля, находящемуся на дне. Оптическое волокно подключается к медиаконвертеру, а жилы питания — к блоку питания мощностью 100 Вт. Оптический сигнал через медиаконвертер преобразуется в сигналы Ethernet, которые поступают на коммутатор. С коммутатора сигналы Ethernet подаются на преобразователь Ethernet-RS232 восьмипортовый и на удлинитель Ethernet, где четырехпроводный сигнал преобразуется в двухпроводный. Через блок управления и коммутации, на который приходят сигналы со всех портов и удлинителя Ethernet, сигнальные линии подсоединяются к кабельным выходам, каждая к своему каналу. Всего 8 каналов, из них 1, 2 и 3 каналы подключаются к удлинителю Ethernet, а 4–8 каналы имеют интерфейсы RS232. Также через блок управления и коммутации в кабельные каналы поступает напряжение питания. В первый канал поступает 220 В, в каналы 2–7 подается 24 В. Все кабели имеют электрические жилы и заканчиваются специальными морскими герморазъемами.

Основные технические характеристики мульти-модемной станции приведены в таблице 1.

В настоящее время подключенные к станции приборы — донный Teledyne RDI Sentinel-VADCP и термокоса ЮО ИО РАН на заякоренной буйковой станции с 20-ю датчиками-терморезисторами, размещенными на расстоянии около 1 м друг от друга [14], — проводят измерения с дискретностью 10 секунд.

Таблица 1. Технические характеристики мульти-модемной станции

Параметр	Значение
Максимальная глубина погружения	50 м
Количество подключаемых каналов	8 шт.
Длина интерфейсных кабелей	50 м
Кол-во низкоскоростных интерфейсов	5 шт.
Кол-во высокоскоростных интерфейсов	3 шт.
Напряжение питания для основных каналов	24 В
Нагрузочная способность по питанию на канал до	50 Вт
Напряжение питания станции	220 В
Возможность каскадного наращивания станции	Да
Количество каналов с напряжением 220 В	1 шт.
Скорость передачи данных по оптоволоконному-кабелю	1 ГБод
Масса станции на воздухе	34 кг
Габариты без интерфейсных кабелей и рамы	250×250×800 мм
Управление дистанционное	Да, по кабелю



Рис. 4. Структурная схема донной мультимодемной станции.

Как уже указывалось, донная мультимодемная станция имеет сквозную конфигурацию. Это дает возможность ее дальнейшего наращивания, т.е. при необходимости на некотором расстоянии от первой станции можно установить вторую, третью и более таких же станций. Ограничение имеется только по мощностным характеристикам используемого кабеля. Однако на данный момент задействованы даже не все каналы первой станции. К одному из ее свободных каналов в 2023 г. планируется подсоединить для долговременной работы модернизированную автоматическую стационарную станцию вертикального зондирования водной среды (ССВЗ) на базе подводной лебедки, являющейся сравнительно новой разработкой ИО РАН. Предварительное описание макета этой станции содержится в [4]. Ниже приводится описание станции в ее нынешнем состоянии, а также представлена перспектива ее дальнейшего развития.

АВТОМАТИЧЕСКАЯ
СТАЦИОНАРНАЯ СТАНЦИЯ
ВЕРТИКАЛЬНОГО ЗОНДИРОВАНИЯ
ВОДНОЙ СРЕДЫ

Для оперативных измерений профилей гидрофизических и биооптических параметров водной среды от придонного слоя до поверхности моря целесообразно использовать станцию с плавучим носителем, оборудованном набором датчиков [6]. Такой носитель зондирует водную толщу с помощью донной лебедки, установленной на ближнем шельфе и подключенной к мультимодемной станции, с которой лебедка получает электропитание и посредством которой передает данные измерений в береговой центр. В 2018–2022 гг. был разработан и до сих пор используется первый образец такой станции (рис. 5). В настоящее время эта ССВЗ установлена вблизи мультимодемной станции и подсоединена к одному из ее каналов-модемов, благодаря чему с берега осуществляется не только ее электропитание, но и управление циклами зондирования. Плавучий модуль в настоящее время оснащен датчиками температуры и давления, марка и характеристики которых приведены в таблице 2. В исходном состоянии плавучий модуль находится в придонном слое вблизи барабана лебедки. При подаче команды

«зондирование» кабель начинает сматываться с барабана лебедки. При этом плавучий носитель поднимается к поверхности моря со скоростью около 15 см/с, измеряя при этом профиль температуры. Когда носитель достигает поверхности моря, лебедка останавливается, а затем включается намотка троса на барабан. При этом зонд опускается вниз до тех пор, пока не оказывается в исходном положении. Данные результатов зондирования, как вверх, так и вниз, передаются в береговой центр в реальном времени по подводному оптоволоконному кабелю.

Важно отметить, что в основу создания такой лебедки легла идея не вращающегося, а неподвижного барабана. Вокруг барабана вращается устройство «мотовило», которое сматывает и наматывает прочный тонкий электрический кабель на неподвижный барабан. Это дает возможность стационарно прикрепить кабель, выходящий из зонда, непосредственно к электронному блоку управления лебедкой и приема данных измерений, тогда как в традиционном варианте лебедки с вращающимся барабаном для подачи питания на зонд и приема данных нужно использовать токосъемник, герметизация которого является непростой технической задачей.

По кабелю, соединяющему плавучий посыльный зонд (положительная плавучесть составляет около 4 кг) с управляющим блоком донной лебедки, осуществляется также электропитание посыльного зонда (рис. 5). Блок управления во время зондирования получает данные измерений и передает их в береговой центр через мультимодемную станцию. ССВЗ имеет как автоматический, так и ручной режим работы и управляется из берегового приемного центра.

Вплоть до настоящего времени ССВЗ используется на полигоне в экспериментальном режиме. В ходе многократных испытаний были устранены конструктивные недостатки и выработан оптимальный режим зондирования.

На рис. 6 представлена развертка вертикального распределения температуры воды по данным ССВЗ. Видно, что температура воды практически однородна по вертикали, но изменяется во времени. Если привести суточное изменение температуры воздуха, то остывание воды будет достаточно согласованно с температурой возду-

Таблица 2. Марка и характеристики датчиков температуры и давления

Параметр	Диапазон	Точность	Разрешение	Постоянная времени	Производитель/ марка
Температура	0–35°C	0.01°C	0.001°C	500 мс	Honeywell 700-102AAB
Давление	0–60 м	0.1%	0.001 м	50 мс	г. Орел Д-0,6

ха. Так, быстрое похолодание воздуха в период с 4 по 7 февраля отозвалось более медленным охлаждением водного слоя, температура которого опустилась более чем на градус за несколько суток.

В 2023 г. планируется дооснащение данного макета ССВЗ мультипараметрическим зондом для более полного измерения гидрофизических (температура, соленость, давление и скорость звука) и биооптических (флуоресценция хлорофилла «а» и подводный измеритель ФАР) параметров (рис. 7). Основные характеристики этих датчиков приведены в табл. 3.

Выполняется также разработка модернизированного макета донной лебедки с увеличенной глубиной зондирования благодаря использова-

нию многоядного барабана при общем снижении уровня электропотребления. Установка такой станции для постоянной работы на внешнем шельфе, на глубине 50 м и более, позволит решать задачи исследования сезонной и короткопериодной изменчивости содержания хлорофилла «а» и взвешенных частиц в водном столбе, а также выявления физических причин, вызывающих эту изменчивость.

Таким образом, новый макет ССВЗ будет оснащен мультипараметрическим зондом, проводящим совместные измерения гидрофизических и биооптических параметров. В дальнейшем эту станцию планируется перевести в разряд автономных систем и снабдить беспроводной

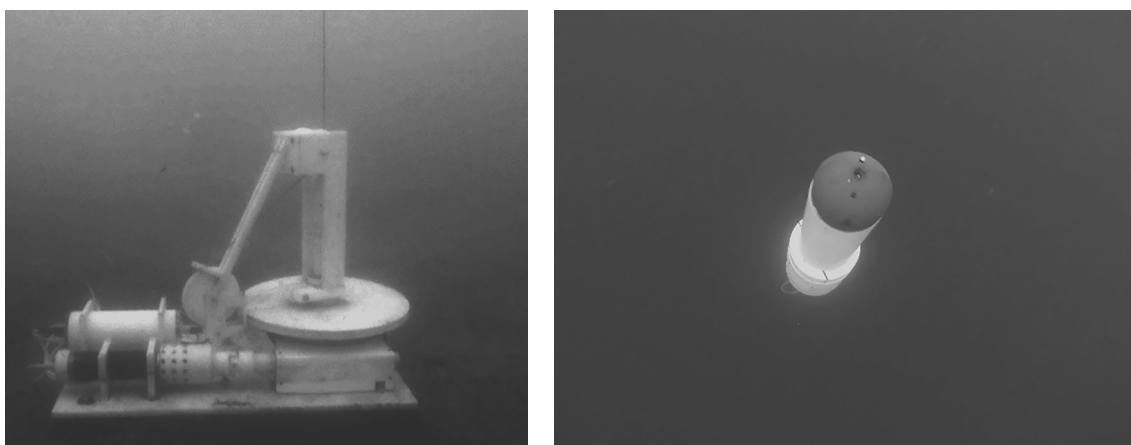


Рис. 5. Стационарная станция вертикального зондирования (ССВЗ). Слева — подъемно-опускающий механизм с системой управления (подводная лебедка) на дне. Справа — посыльный зонд с системами измерения гидрофизических параметров среды (температура, давление) в морской среде.

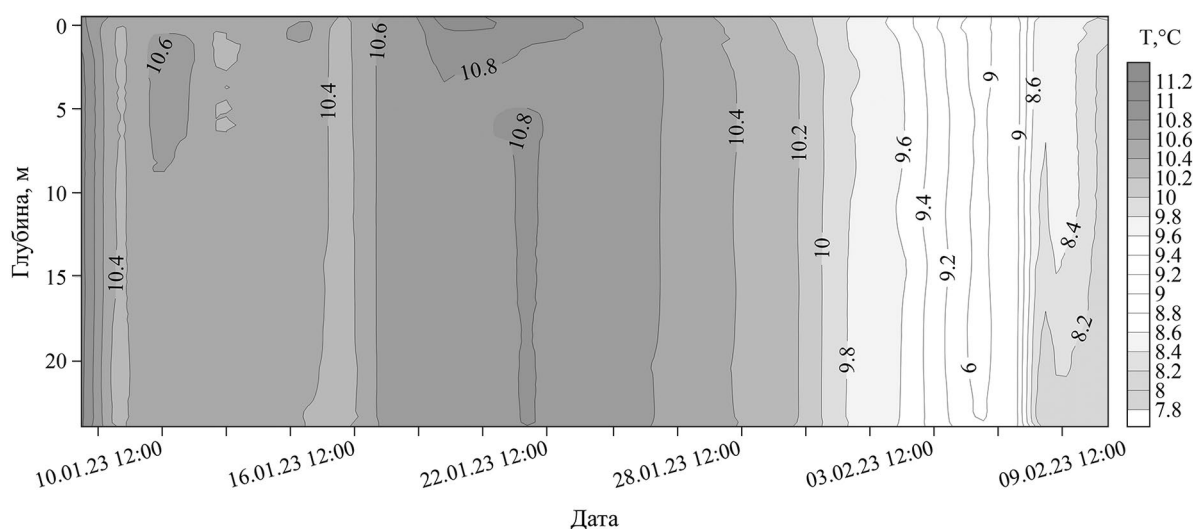


Рис. 6. Временная (январь — февраль 2023 г.) изменчивость вертикального распределения температуры воды (по данным ССВЗ). Время местное.

Таблица 3. Марка и характеристики измерительных датчиков мультипараметрического зонда

Параметр	Диапазон	Точность	Разрешение	Постоянная времени	Производитель марка
Температура	−3–50°С	0.003°С	0.0007°С	50 мс	Idronaut
Давление	0–60 м	0.1%	0.001 м	50 мс	г. Орел Д-0,6
Электропроводность	0–64 мСим/см	0.003 мСим/см	0.001 мСим/см	50 мс	Idronaut
Скорость звука	1450–1540 м/с	0.05 м/с	0.01 м/с	1 с	г. Севастополь МГИ
ФАР	0–3000 мкмоль/с на м²	1 мкмоль/с на м²	0.1 мкмоль/с на м²	10 мс	Li-Cor Li-192SA
Флуориметр	0–500 мкг/л	0.1 мкг/л	0.01 мкг/л	10 мс	Turner Designs Cyclops submersible sensors

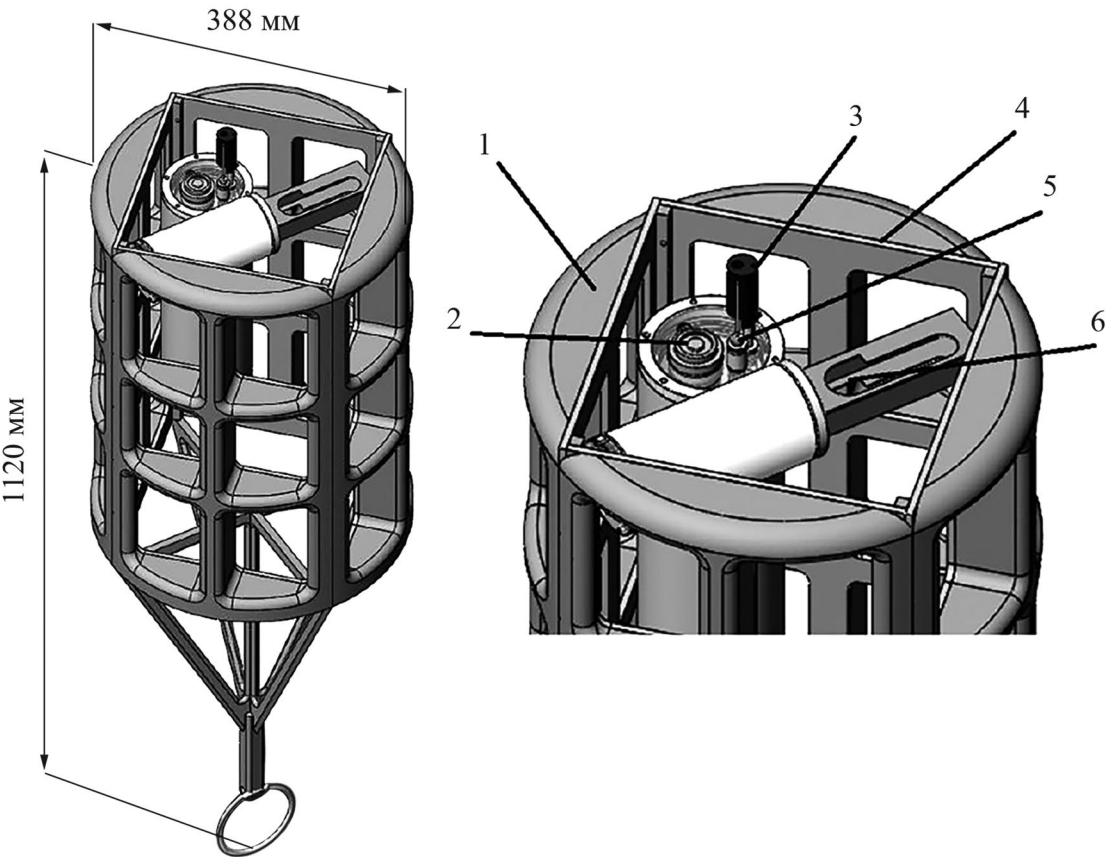


Рис. 7. Эскиз нового посыльного зонда для ССВЗ с расширенным набором датчиков (должен быть изготовлен в 2023 г.): 1 – положительная плавучесть, 2 – датчик фотосинтетически активной радиации (ФАР), 3 – датчик электропроводности, 4 – прочная рама, 5 – датчик температуры, 6 – датчик скорости звука. В воде положительная плавучесть — около 4 кг.

связью с берегом для использования в различных районах черноморского шельфа и верхней части континентального склона, в том числе достаточно удаленных от пирса ЮО ИО РАН в Голубой бухте.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ

Описана конструкция и принципы функционирования донной мультимодемной станции MDS-II, расположенной на полигоне «Геленджик» (глубина места — 25 м) и подсоединенной к береговому центру посредством донного оптоволоконного кабеля, по которому на станцию подается электропитание и происходит онлайн-передача данных измерений. Станция является подводным сервером, к которому можно подключить практически любой измеритель и иметь к нему доступ в режиме реального времени, а также дистанционно управлять его работой. Данные, передаваемые в береговой центр с подключенных к станции измерительных приборов, могут оперативно обрабатываться и использоваться для планирования судовых исследований, для усвоения в численных гидродинамических моделях или для валидации результатов моделирования.

Описаны устройство и конструкция автоматической стационарной станции вертикального зондирования (ССВЗ) водной толщи до поверхности моря. В настоящее время создан и эксплуатируется на полигоне «Геленджик» первый опытный образец такой станции, состоящей из донной электролебедки, установленной на дне моря, и плавучего модуля на кабельной линии, намотанной на барабан лебедки. Эта станция установлена вблизи мультимодемной станции и подсоединена к одному из ее каналов-модем, благодаря чему с берега осуществляется ее электропитание и управление циклами зондирования. Плавучий модуль оснащен датчиками температуры и давления. В исходном состоянии он находится в придонном слое вблизи барабана лебедки. При подаче команды «зондирование» кабель начинает сматываться с барабана лебедки. При этом плавучий носитель поднимается к поверхности моря, измеряя при этом профиль температуры. Когда носитель достигает поверхности моря, лебедка останавливается, а затем включается намотка троса на барабан. При этом зонд опускается вниз до тех пор, пока не оказывается в исходном положении. Данные результатов зондирования, как вверх, так и вниз, передаются в береговой центр в реальном времени по подводному оптоволоконному кабелю. Обсуждена перспектива разработки нового макета ССВЗ, позволяющего проводить зондирования водного слоя с толщиной до 100 м и более. Он будет оснащен мультитипаметрическим зондом, проводящим

совместные измерения гидрофизических и биооптических параметров.

В 2023 г. планируется дооснащение ССВЗ мультитипаметрическим зондом для более полного измерения гидрофизических (температура, соленость, давление и скорость звука) и биооптических (флуоресценция хлорофилла «а» и подводный измеритель ФАР) параметров. В статье представлен эскиз мультитипаметрического зонда.

Источники финансирования. Работа выполнена в рамках темы госзадания FMWE-2024-0027 и при поддержке Российского научного фонда (проект № 23-17-00056).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Арашкевич Е.Г., Луппова Н.Е., Никишина А.Б. и др. Судовой экологический мониторинг в шельфовой зоне Черного моря: оценка современного состояния пелагической экосистемы (2005–2014 гг.) // *Океанология*. 2015. Т. 55. № 6. С. 964–970.
2. Баранов В.И., Зацепин А.Г., Куклев С.Б. и др. Многофункциональная система онлайн-мониторинга подводной обстановки // XV Всероссийская научно-техническая конференция «Современные методы и средства океанологических исследований» (МСОИ-2017). Материалы конференции. Т. 2. Москва, 2017. С. 287–289.
3. Баранов В.И., Зацепин А.Г., Куклев С.Б. и др. Многофункциональная кабельная система он-лайн мониторинга на полигоне «Геленджик» // Всероссийская научная конференция «Моря России: Год науки и технологий в РФ — Десятилетие наук об океане ООН». Тезисы докладов. Севастополь, 2021. С. 214–215.
4. Баранов В.И., Очередник В.В., Зацепин А.Г. и др. Первые результаты использования автоматической стационарной станции вертикального зондирования водной среды на Полигоне «Геленджик» — перспективного средства прибрежной оперативной океанографии // *Океанология*. 2020. Т. 60. № 1. С. 138–145.
5. Занин В.Ю., Маевский А.М., Кожемякин И.В. Использование морской робототехники в задачах оперативной океанографии: отечественный и зарубежный опыт // *Информационно-управляющие морские системы*. 2020. Т. 17. № 1. С. 94–102.
6. Зацепин А.Г., Корж А.О., Кременецкий В.В. и др. Изучение гидрофизических процессов на шельфе и верхней части континентального склона Черного моря с использованием традиционных и новых методов измерений // *Океанология*. 2008. Т. 48. № 4. С. 510–519.
7. Зацепин А.Г., Островский А.Г., Кременецкий В.В. и др. Подспутниковый полигон для изучения гидрофизических процессов в шельфово-склоновой зоне Черного моря // *Известия РАН. ФАО*. 2014. № 1. С. 16–29.

8. Зацепин А.Г., Пиотух В.Б., Корж А.О. и др. Изменчивость поля течений в прибрежной зоне Черного моря по измерениям донной станции ADCP // *Океанология*. 2012. Т. 52. № 5. С. 629–642.
9. Коваленко В.В., Родионов А.А., Ванкевич Р.Е. Методические основы построения систем оперативной океанографии в приложении к задачам подводного наблюдения // *Фундаментальная и прикладная гидрофизика*. 2021. Т. 14. № 3. С. 4–20.
10. Куклев С.Б., Зацепин А.Г., Пака В.Т. и др. Опыт одновременных измерений параметров течения и гидрологической структуры вод с борта движущегося судна // *Океанология*. 2021. Т. 61. № 1. С. 147–155.
11. Островский А.Г., Зацепин А.Г., Кочетов О.Ю. и др. Автономный привязной профилирующий аппарат «Винчи»: испытания и доработка // *Современные методы и средства океанологических исследований (МСОИ-2021). Материалы XVII Всероссийской научно-технической конференции. Том 2. Москва, ИО РАН. 2021. С. 84–88.*
12. Островский А.Г., Зацепин А.Г., Соловьев В.А. и др. Автономный мобильный аппаратно-программный комплекс вертикального зондирования морской среды на заякоренной буйковой станции // *Океанология*. 2013. Т. 53. № 2. С. 259–268.
13. Островский А.Г., Швоев Д.А. Подводный лебедочный зонд // Пат. РФ № 2642677. — Заявл. 31.01.2017. Оpubл. 25.01.2018. — Бюл. № 3.
14. Очередник В.В., Баранов В.В., Зацепин А.Г., Куклев С.Б. Термокосы ЮО ИО РАН: конструкция, методика и результаты метрологического исследования датчиков // *Океанология*. 2018. Т. 58. № 5. С. 719–730.
15. Очередник В.В., Зацепин А.Г., Куклев С.Б. и др. Примеры подходов к исследованию температурной изменчивости вод шельфа Черного моря при помощи кластера термокос // *Океанология*. 2020. Т. 60. № 2. С. 173–185.
16. Федоров К.Н., Гинзбург А.И. Приповерхностный слой океана. Л.: Гидрометеиздат, 1988. 303 с.
17. Ostrovskii A.G., Kochetov O.Y., Kremenetskiy V.V. et al. Automated tethered profiler for hydrophysical and bio-optical measurements in the Black Sea carbon observational site // *J. Mar. Sci. Eng.* 2022, 10, 322–339. <https://doi.org/10.3390/jmse10030322>
18. Ostrovskii A.G., Zatsepin A.G. Short-term hydrophysical and biological variability over the north-eastern Black Sea continental slope as inferred from multiparametric tethered profiler surveys // *Ocean Dynamics*. 2011. V. 61. P. 797–806.

NEW MEASURING AND DATA TRANSMISSION EQUIPMENT FOR OPERATIONAL OCEANOGRAPHY AT THE GELENDGIK BLACK SEA TEST SITE OF INSTITUTE OF OCEANOLOGY RAS

V. I. Baranov*, A. G. Zatsepin, S. B. Kuklev, V. V. Ocherednik, V. V. Mashura**

Shirshov Institute of Oceanology, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

*e-mail: baranovvlad@mail.ru

**e-mail: zatsepin@ocean.ru

The design and principles of operation of the bottom multi-modem station MDS-II, located in the coastal zone (depth of location — 25 m) of the northeastern part of the Black Sea at the Gelendzhik Test Site of IO RAS are described. The station is connected to the coastal center by means of a bottom fiber-optic cable, through which power is supplied to the station, and online transmission of measurement data takes place. The station is an underwater server to which one can connect a measuring device and get a real-time access to it, as well as remotely control on its operation. The design of an automatic stationary station for vertical sounding (SSVS) of water column, which is also used at the Gelendzhik Test Site, is also described. This station is installed close to the MDS-II multi-modem station and is connected to one of its modems. The station consists of a bottom electric winch installed on the seabed and a floating module (probe) on a cable line wound around the winch drum. When the command "sounding" is given, the cable unwinds and the floating module, equipped with temperature and pressure sensors, floats and measures the water temperature profile from the bottom layer to the sea surface. Then the cable is winding on a drum, and the floating module returns to the bottom layer. A prototype of a new SSVS is being developed, which will allow sounding of the water layer with a thickness of up to 100 m. It will be equipped with a multi-parameter probe that makes joint measurements of hydrophysical and bio-optical parameters.

Keywords: polygon, multimodem station, underwater bottom winch