

# ИСПЫТАНИЕ НОВЫХ АВТОНОМНЫХ ЗОНДИРУЮЩИХ АППАРАТОВ

# 8

Островский А.Г.<sup>1</sup>

## ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЙ

Регулярные и подробные наблюдения за комплексом параметров, отражающих состояние морских экосистем, нужны для оценки воздействий хозяйственной деятельности на экологическое состояние акваторий. Антропогенный стресс приводит к нарушению естественного функционирования морских экосистем и к последствиям, негативным для морского промысла, рекреационного состояния регионов и вредным для здоровья человека. Это особенно актуально для шельфовой зоны Черного моря.

В России оперативный мониторинг ведется главным образом службами Росгидромета в трех основных направлениях:

- для оперативной подготовки диагностических и прогностических материалов, необходимых для гидрометеорологического обслуживания морской деятельности;
- для выполнения научных исследований в области разработки и верификации моделей, методов и технологий расчета и прогноза основных параметров морской природной среды;
- для получения необходимых расчетных параметров, используемых при проектировании судов, различных гидротехнических сооружений, портов, платформ и т.д.

Службы оперативной океанографии опираются на наблюдательную сеть. В составе морских наблюдательных сетей все большую роль играют автоматизированные

---

<sup>1</sup> Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН    E-mail: osasha@ocean.ru

измерительные системы, особая роль в которых отводится заякоренным станциям (см., например, <http://www.oceansites.org/>).

В ряду заякоренных станций особое место занимают автономные зонды-профилографы, предназначенные для измерений вертикальных профилей основных гидрофизических параметров и обладающие возможностями самопозиционирования в подводном звуковом канале. К заякоренным автономным мобильным техническим средствам вертикального зондирования морской среды относятся зонды, периодически вытравливаемые с помощью заякоренных донных и поверхностных лебедок, а также профилографы, перемещающиеся по вертикально натянутому тросу на буйковых станциях (Островский, 2018).

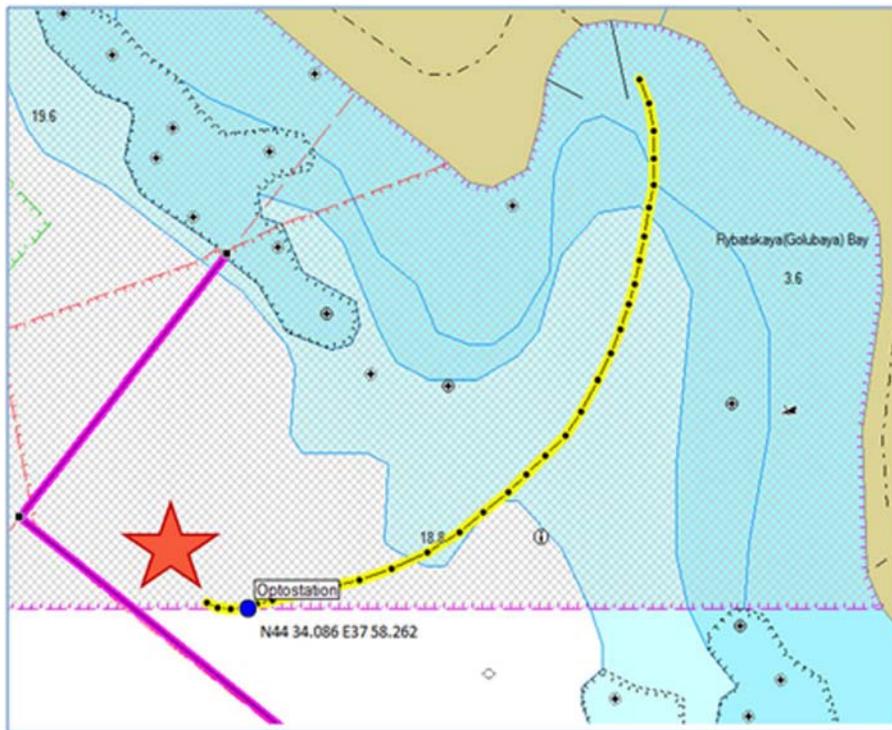
По Программе фундаментальных исследований Президиума РАН № 3 в ИО РАН был разработан и изготовлен опытный образец станции автоматического зондирования водной толщи до поверхности моря, в его прибрежной зоне. Станция АЗВТ предназначена для контактных измерений в автоматическом режиме вертикальных распределений гидрофизических и биооптических параметров водной среды (солености, температуры, давления, взмученности, флуоресценции Chl-a и др.) в заданной точке исследуемой акватории морского шельфа или внутреннего водоема. Станция состоит из плавучего модуля на заякоренной тросовой линии, намотанной на барабан электролебедки. Модуль оснащен STD-зондом с дополнительными измерительными датчиками и модемом для передачи данных по мобильной связи. Назначение станции – осуществление периодических зондирований водной толщи в процессе подъема плавучего модуля от придонного слоя до поверхности моря, измерение при этом вертикальных распределений гидрофизических и биооптических параметров и оперативная передача данных потребителю.

Задачей этапа экспедиции «Черное море – 2017» стали испытания нового оборудования станции АЗВТ. Место проведения испытаний: Черноморский гидрофизический полигон, Южное отделение Института океанологии им. П.П. Ширшова РАН (г. Геленджик). Глубина мест постановки станции 18-28 м (рис. 8.1). Подготовка к натурным испытаниям и их реализация с последующей обработкой данных проводилась в период с 16 по 22 октября 2017 г.

## МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ИССЛЕДОВАНИЙ

Постановка станции на дно и ее поднятие со дна проводились с борта МНИС «Ашамба».

Для контроля профиля скорости течения в районе испытаний были использованы данные измерений донной станции с акустическим доплеровским профилографом скорости течения ADCP RDI WHS 600 кГц, расположенным на расстоянии около 200 м

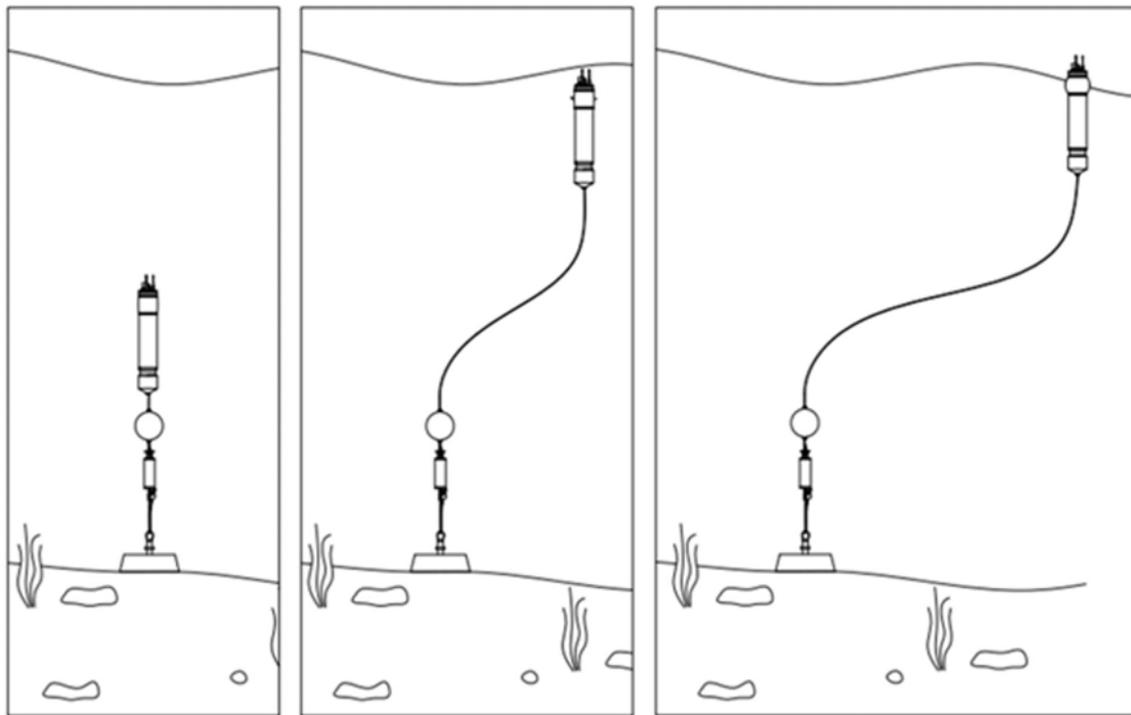
**РИС. 8.1.**

Район натуральных испытаний на выходе из Голубой бухты. Красная звездочка – место постановки станции 19 октября 2017 г. Синий кружок – место расположения постоянно действующий донной станции с акустическим доплеровским профилографом течений ADCP RDI WHS 600 кГц, данные измерений которого передаются в реальном времени в приемный пункт на причале ЮО ИО РАН по оптоволоконной линии связи (желтая линия)

от места испытаний станции АЗВТ и подключенным к береговому пункту электропитания и приема данных с помощью оптоволоконной линии связи.

Предъявленное к испытаниям изделие представляет собой малогабаритную, надежную и удобную роботизированную профилирующую систему, с ресурсом электробатареи для автономной работы в течение как минимум 1 месяц, позволяющей: получать вертикальные профили характеристик водной среды от придонного слоя 50 м до поверхности моря в шельфовой зоне; передавать оперативно данные измерений потребителю. Станция имеет положительную плавучесть в воде, находясь в вертикальном положении датчиками вверх. Станция оснащена лебедкой, причем верхний конец троса намотан на барабан лебедки, а нижний крепится к якорю, установленному на дне (рис.

8.2). Принципиально возможно размещение станции на подповерхностной плавучести глубоководной буйковой станции, с целью зондирования водного слоя над плавучестью до поверхности воды и оперативной передачи данных измерений. При погружении и подъеме станция проводит измерения параметров водной среды с помощью CTD-зонда. По достижении поверхности моря, определяемой по датчику давления, изменяется направление вращения мотора электропривода, вследствие чего меняется направление вращения барабана лебедки. Таким образом, периодически разматывая и наматывая несущий трос, станция то поднимается, то опускается в водной толще, проводя измерения вертикальных распределений параметров водной среды.



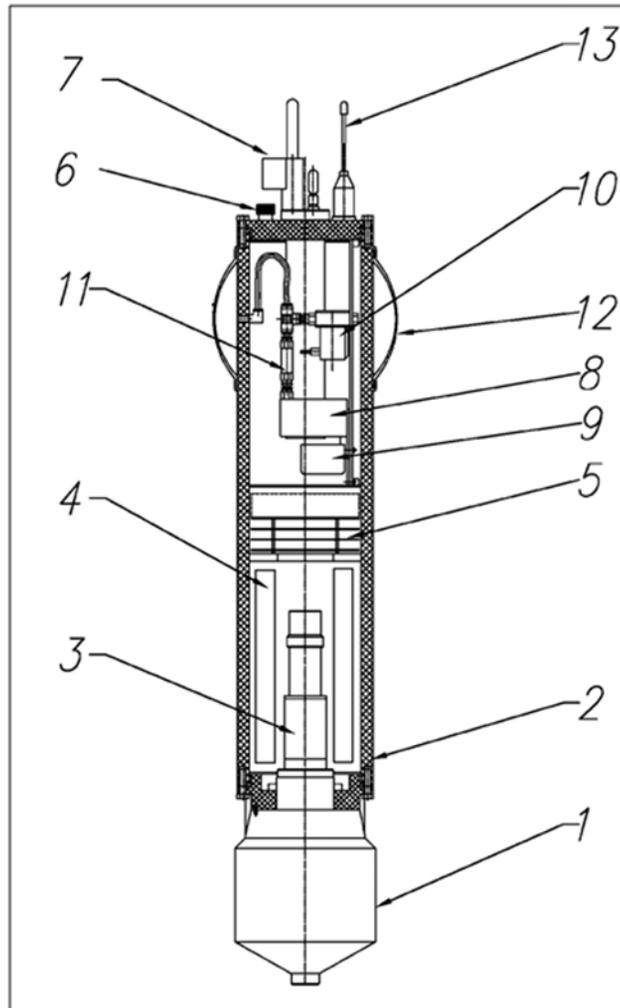
**РИС. 8.2.**

Схема работы станции автоматического зондирования водной толщи

Конструктивно станция состоит из нижеследующих частей (рис. 8.3):

- прочного корпуса,
- электромеханической лебедки,
- пневматической системы изменения плавучести,
- блока питания,

- модуля электроники,
- комплекта измерительных датчиков,
- модема и антенн радиосвязи.



**РИС. 8.3.**

Схема продольного разреза разработанного изделия: (1) – система всплытия-погружения с электролебедкой, (2) – прочный герметичный аппаратный корпус удобообтекаемой формы, (3) – электропривод лебедки, (4) – блок батарей, (5) – микропроцессорная система управления и контроля, (6) – датчик наружного давления, (7) – СТД зонд; (8-12) – опциональный комплекс пневматического оборудования всплытия-погружения в составе: пневматический насос (8), электропривод пневматического насоса (9), электроклапан (10), запорный клапан (11), наружная расширительная емкость (12); (13) – терминал связи с антенной

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Основные работы этапа заключались в проверке автономной работы станции АЗВТ в условиях морских течений.

К испытаниям был подготовлен опытный образец станции АЗВТ.

Для измерений электропроводности, температуры и давления воды на станции АЗВТ был смонтирован зонд RBR Concerto CTD с датчиком взмученности (рис. 8.4). Океанологические датчики возвышаются над крышкой, а контроллер датчиков располагается внутри прочного корпуса в его верхней части. Это позволяет производить измерения параметров невозмущенной морской среды при подъеме станции к поверхности моря.

Постановка станции АЗВТ на дно и ее натурные испытания изделия проводились 19 октября 2017 г. на МНИС «Ашамба».



**Рис. 8.4.**

Станция в сборе с CTD-зондом RBR Concerto на пирсе Южного отделения ИО РАН (Голубая бухта, г. Геленджик)

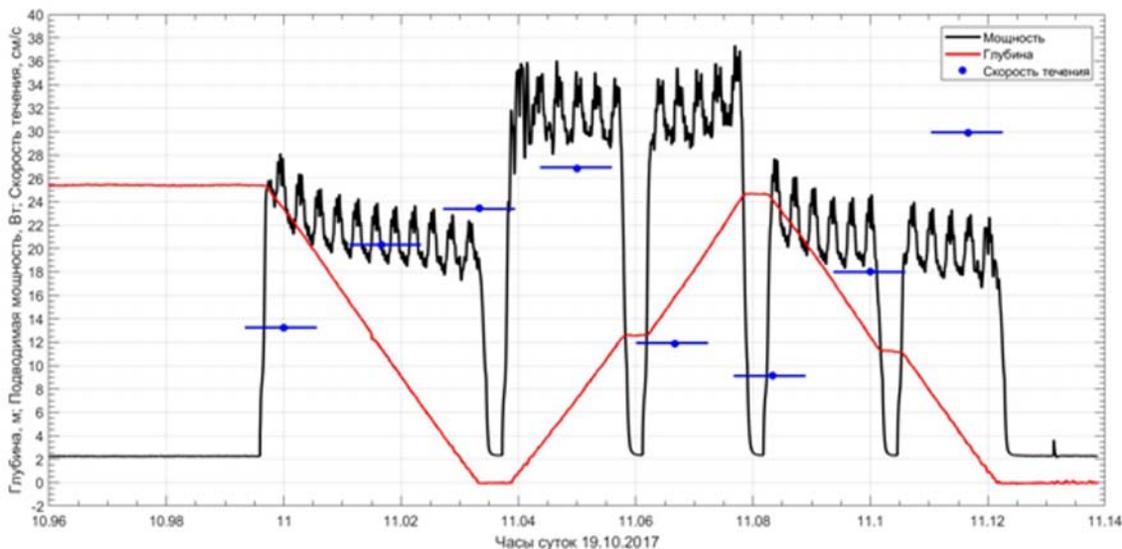
В ходе испытаний были выполнены:

- 1) выход МНИС «Ашамба» в точку, находящуюся в 50 м ниже по дрейфу от координат постановки станции автоматического зондирования водной толщи;
- 2) спуск маркерного буя на фале длиной 30 м;
- 3) спуск груза весом 10-15 кг, который подвязан как к концу фала маркерного буя, так и к тросовой оттяжке длиной 60 м, ведущей к якорю (основному грузу) станции. При этом сама станция, якорь и катушка с частью тросовой оттяжки (30 м) остаются на судне;
- 4) переход на малом ходу в точку постановки станции, медленное стравливание тросовой оттяжки;
- 5) спуск на воду станции автоматического зондирования водной толщи, причем на коротком конце троса станции прикреплен якорь, который остается на борту судна;
- 6) сброс якоря за борт судна;
- 7) автоматический режим многократного повторения цикла погружение-всплытие АЗВТ с одной остановкой на заданном горизонте как на траектории подъема, так на траектории погружения;
- 8) подъем станции на борт судна;
- 9) расшифровка лог-файла и файла данных измерений STD-зонда.

Станция выполнила 11 циклов с предустановленными переменными значениями ШИМа электропривода лебедки. На участках подъема станции к поверхности моря потребление энергии электроприводом составляло 18-28 Вт, а на участках спуска – 28-38 Вт (рис. 8.5). Превышение энергопотребления при спусках объясняется избыточной плавучестью станции примерно в 20 Н. Пилообразный график энергопотребления амплитудой 5-6 Вт с периодом примерно 12 с связан с возвратно-поступательными перемещениями барабана лебедки.

При скорости течения 0.08-0.32 м/с время подъема станции с глубины 25 м составляет 130 с, а погружения – примерно 135 с. То есть скорость профилирования лежит в пределах 18-19 см/с. При росте скорости течения и, соответственно, увеличении горизонтального дрейфа изделия в течении время на подъем возрастает. На скорости течения около 0.5 м/с время пребывания изделия после всплытия на поверхности воды сокращается из-за того, что течение начинает затягивать изделие под воду. Отчасти этот эффект связан с плохообтекаемой формой дополнительной плавучести установленной в верхней части цилиндрического корпуса станции. Тем не менее, мощности электропривода хватает на преодоление сил плавучести и гидродинамического сопротивления при намотке троса на барабан лебедки при погружении изделия.

Доработка станции АЗВТ и ее последующие испытания будут выполнены в 2018 г.



**РИС. 8.5.**

Временная изменчивость контролируемых параметров. Красная линия показывает график наружного давления во время выполнения первого цикла профилирования. Черная линия – подводная мощность на электроприводе. Синие кружки – средние значения скорости течения за определенные отрезки времени (показаны синими линиями) по данным измерения донного ADCP, установленного на расстоянии 200 м от места проведения испытаний станции АЗВТ

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ К ГЛАВЕ 8

1. *Островский А.Г.* Заякоренные мобильные профилирующие аппараты // Освоение глубин Мирового океана. Оружие и технологии. (Ред.: А.Б. Нерсесов). М: 2018. (в печати)