

УДК 551.46.077

О ПРОЕКТЕ ДОННОЙ ОКЕАНОЛОГИЧЕСКОЙ ОБСЕРВАТОРИИ В ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЗАДАЧИ МОДЕЛИ КЛИМАТА

Комаров В.С.

Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, Москва, e-mail: romv2000@mail.ru

Частые неожиданные климатические отклонения вселяют не столько удивление, сколько чувство опасения и незащищённости: ливневые наводнения и потопа, длительные лесные пожары на огромных площадях, ураганные ветры. Правительства разных стран в ООН предпринимают совместные шаги для всемирного объединения усилий в изучении и понимании климатических свойств среды обитания планеты Земля. Стокгольмская конференция ООН по проблеме окружающей среды состоялась в 1972 г. Существенные Всемирной климатической программы (ВКП) и программы исследования климата (ВПИК) под эгидой Всемирной метеорологической организации (ВМО) и Межправительственной океанографической комиссии (МОК) ЮНЕСКО, Международного научного совета (МСНС) и Организации ООН по окружающей среде (ЮНЕП) началось с 1980 г. Важнейшим элементом этой программы (ВКП) является Всемирная программа исследования климата (ВПИК) (1980 г.). Основные цели ВПИК: определить предсказуемость климата и влияние человека на климат. Известный результат этого – ежедневный прогноз погоды. В 1989 г. ООН учредила день борьбы с природными катастрофами, который отмечают 22 декабря. Океан – основной аккумулятор солнечного тепла (до 90%), он участвует во всех стихийных катаклизмах трансформации энергии в атмосфере и море. Для достоверного формирования всеобъемлющей математической модели климата необходимо достаточное количество достоверных гидрофизических, гидрологических и термодинамических коррелируемых экспериментальных сведений. Собрать их можно только экспериментально – с помощью сети обсерваторий, донных станций и сканирующих, а также дрейфующих буёв типа Арго. Приведены технические решения, позволяющие решать задачи технической организации. При этом учитываются и отдельные точечные измерения.

Ключевые слова: климат, погода, океан, катастрофы, стихия, обсерватория, донная станция, океанологический буй, течения, солнечная энергия, математическая модель климата

ON THE PROJECT OF BOTTOM OCEANOGRAPHIC OBSERVATORY PERFORMING THE TASK OF CLIMATE MODEL

Komarov V.S.

Shirshov Institute of Oceanology, Russian Academy of Sciences, Moscow, e-mail: romv2000@mail.ru

Frequent unexpected climatic deviations inspire not so much surprise, but the feeling of fear and insecurity: torrential inundations and floods, prolonged forest fires over large areas, hurricane winds. Governments of various countries in the UN are taking joint steps for the worldwide joint efforts in the study and understanding of the climatic properties of habitat of the Earth plane. UN Stockholm Conference in 1972 on the environment. Implementation of the World Climate Program (WCP) and the Climate Research Program (WCRP), under the auspices of the World Meteorological Organization (WMO) and the Intergovernmental Oceanographic Commission (IOC) of UNESCO, the International Council for Science (ICSU) and the United Nations Environment Program (UNEP) launched since 1980. The most important element of this program (WCP) is the World Climate Research Program (WCRP) (1980). The main objectives of the WCRP: to determine the predictability of climate and human impact on the climate. A well-known result of this is the daily weather forecast. In 1989, the UN established a day of struggle against natural disasters, which is celebrated today – December 22. Ocean is the main Solar heat storage plant (up to 90%), it is involved in all natural disasters energy transformation in the atmosphere and the sea. For reliable formation of a comprehensive mathematical climate models must be enough reliable hydro-physical, hydrological, and thermodynamic correlated experimental data. They can be collected only experimentally, using the network of observatories, ground stations and scanning, as well as drifting buoys such as Argo. The technical solutions to perform the technical organization tasks are presented. This considers individual point measurements as well.

Keywords: climate, weather, ocean, disasters, force of nature, observatory, bottom station and oceanographic buoy, currents, solar energy, mathematical climate model

Проблема глобальных изменений климата является насущной проблемой для выживаемости человека в данной климатической среде. Ещё до середины XIX в. понятие «климат» сводилось к понятию «погода» или «метеорология». Начало освоению этого термина положил А. Гумбольдт (1769–1859 гг., путешественник и естествоиспытатель) в своем труде «Космос» [1], где дал новое определение понятия «климат», которое учитывало влияние океана с его течениями. Им же была построена

карта изотерм земного шара. Впоследствии была всесторонне развита и детализирована теория широтной, а затем и вертикальной географической, в том числе и климатической, зональности поверхности суши. Основоположником климатологии в России считается А.И. Воейков (1842–1916 гг.). Его работы [2] «Ветры земного шара», «Климаты земного шара» и другие определили уровень не только российской, но и мировой науки о климате и не потеряли научного значения до настоящего времени. Однако

автором термина климат был гениальный греческий звездочёт, астроном и механик Гиппарх (II в. до н.э.) [3]. Он очень близко подошёл к физическому смыслу современного понятия климат – это «наклон» солнечного луча или угол его падения на обогреваемую поверхность. Действительно, именно Солнце является источником тепла, принимаемого твёрдыми телами, поглощаемого и переносимого жидкими средами (водой и воздухом), т.е. чем ближе наклон солнечных лучей к прямому углу, тем больше тепла они несут на землю. Последующий конвективный теплообмен со средой (атмосферой, океаном) и составляет механизм теплопереноса в поле сил гравитации и инерции воздушных и водных масс. Это один из главных механизмов привода природных сил, формирующих климат, «погоду».

Объём проблемы и поиск её решения

Погода меняется. Известно, когда зима, весна, лето, когда однонаправленно меняются времена года и просматривается вектор или тренд изменения от года к году, тогда, наверное, меняется климат. За последние 100 лет приземная температура Земли выросла на 0,6–0,7°C. Это немного, но по данным Межправительственной группы экспертов по изменению климата (МГЭИК) на основе инструментальных наблюдений, которые ведутся с 1850 г. постоянно, выяснилось, что с 1939–2005 гг. были зафиксированы 8 самых теплых лет, из них последний – самый теплый (это климатический тренд – антропогенное потепление) [4]. Но в связи с этим надо бы понять, что же происходит с климатом, что беспокоит. Следует отметить, что попытки организовать всемирные усилия в познании климатических явлений были и прежде: это Стокгольмская конференция ООН по проблеме окружающей среды 1972 г., рамочная конференция ООН (РКИК) [5]. В 1980 г. началось осуществление Всемирной климатической программы (ВКП) под эгидой Всемирной метеорологической организации (ВМО), Межправительственной океанографической комиссии (МОК) ЮНЕСКО, Международного научного совета (МСНС) и Организации ООН по окружающей среде (ЮНЕП). Важнейшим элементом ВКП является международная научная программа – Всемирная программа исследования климата (ВПИК) 1980 г. Результаты научных исследований в границах программы ВПИК используются Межправительственной группой экспертов по изменению климата (МГЭИК) для объективной оценки последствий климатических изменений для среды обитания и деятельности человека с целью

последующего определения действий государств по реализации Рамочной Конвенции ООН об изменении климата (РКИК).

ВПИК [6] осуществляется под эгидой трех международных организаций: Всемирной метеорологической организации (ВМО), Межправительственной океанографической комиссии (МОК) ЮНЕСКО и Международного научного совета (МСНС). Основные цели ВПИК: «Определить предсказуемость климата и определить влияние человека на климат». В стремлении привлечь внимание к проблеме поиска путей уменьшения опасности от стихийных бедствий, в 1989 г. ООН учредила день борьбы с природными катастрофами – 22 декабря. С тех пор этот день отмечается во всех странах. В социальном плане это ежедневный прогноз погоды.

Специалисты со временем поняли, что в большинстве стихийных бедствий, происходящих «вне климата», так или иначе, участвует океан, будь то циклоны, цунами или наводнения; ураганы либо землетрясения в акваториях, сходы оползней и нагоны и т.п.

Океан – «диктатор» климата. Так считает академик, директор ИО РАН Р.И. Нигматулин [7]. Во всем этом Океан играет роль источника энергии для среды, создающей погоду, и в целом механизма формирования климата. Огромное количество воды с высокой теплоемкостью является подвижным и меняющим свое фазовое состояние аккумулятором тепла. Океан вбирает до 90% тепловой солнечной энергии, пришедшей на Землю. Океан взаимодействует с атмосферой, обмениваясь с ней энергией не только за счёт приповерхностного ветрового волнения, но и глубинных течений (Термохалиновая циркуляция, Эль-Ниньо, Гольфстрим, глубинные вихри и др.), транспортируя тепловую энергию вдоль неподвижных твердых континентов. Исторически известно, что бороться со стихийной погодой, а тем более с климатом, бесполезно. Надо приспособливаться и защищаться от невзгод. Для этого необходимо изучать механизмы возникновения погодных проявлений и регистрировать их, чтобы в последующем предвидеть опасные события. Сейчас человечество находится в стадии накопления инструментальных сведений об океане и его участии в формировании климата для получения адекватной климатической модели – это главная задача науки о климате. Только таким образом можно избежать или уменьшить ущерб от стихийных бедствий. Однако Мировой океан необъятен. Он занимает 72% поверхности земной сферы, весит $1,4 \times 10^{21}$ кг и занимает

объём $1370 \times 10^6 \text{ км}^3$. Решить задачу о климате можно лишь усилиями всех землян, т.е. при усилении всех государств в течение многих лет, учитывая масштаб задачи.

Ранние попытки [5] организовать всемирные усилия были направлены в основном на борьбу с парниковыми выбросами в атмосферу и сбережение озона. В 1972 г. Стокгольмской конференцией ООН принята «Программа ООН по окружающей среде», предусматривающая поиск и реализацию путей снижения выбросов парниковых газов, повышающих температуру и разрушающих озоновый слой атмосферы. Многие страны приняли участие в конференции и ратифицировали протокол. Мы уже говорили об успешном опыте эффективности объединения усилий [8] многих и различных государств в попытках изучения механизмов «жизнедеятельности» океанов с целью получения всеобъемлющего инструментального материала для математической модели климата, учитывающей следствия от его изменения. Опыт продолжается как проект ARGO.

В современном представлении климат – это статистическая характеристика, свойственная материку, времени года, материковой области, океану, океанической области (морию). Он обладает определенной стабильностью в рамках человеческой жизни, заданной законами астромеханики и астрофизики. Величины его характеристики зависят от внешней астрофизической механики. Кроме того, следует отметить, что Земля – это открытая система, которая взаимодействует со всем космосом, особенно с ближайшими планетами Солнечной системы. Уровень этого взаимодействия также определяет изменчивость состояний свойств Земли, в том числе и климата. Пока люди не могут определённо утверждать, что именно является причиной конкретных стихийных метеорологических явлений: случайность или стечение каких-то внешних космических обстоятельств. То есть не могут предсказать момент их появления, так как это результат «климатической системы», что означает совокупность атмосферы, гидросферы, биосферы и геосферы и их взаимодействие в данный момент.

Метод распределения энергии. В океане, как и на суше, значительная часть солнечной энергии запасается в виде органического вещества. Но, в отличие от суши, благодаря прозрачности воды и рассеиванию на взвешенных частицах, свет проникает до глубин в десятки метров в чистых водах, а в водах средних широт с большой концентрацией планктона – до 15–20 м. Основная часть солнечной энергии погло-

щается верхним слоем воды и нагревает её. И толщина этого слоя, и теплосодержание зависят от интенсивности волнового перемешивания и от прозрачности воды, которая также зависит от концентрации взвесей, аэрозолей и планктона. В этой зависимости содержится объяснение влияния экосистем океана на колебания климата за счёт изменения его прозрачности и степени черноты. От степени черноты океанской воды зависит количество поглощаемой солнечной энергии.

В климате все фазы имеют цикличность в соответствии с циклической интенсивностью получения солнечной энергии (суточной, сезонной и т.п.). Однако надо отметить, что при математической точности астрономической цикличности каждый предыдущий и последующий одноименный календарный день не является точной синоптической копией предыдущего года. Это, по-видимому, связано с астрономической годичной изменчивостью климата, вызванной астрофизическими изменениями планет (изменением термодинамики, химического состава, атмосферы и её потеплением, количеством солнечных пятен, активностью состояния гелиосферы (магнитные бури) и ее структуры, и циклической солнечной активности, что влияет на магнитосферу Земли и т.д.).

Участие космоса в климате. Из сказанного ясно, что климатические и метеорологические регулярные явления определяются в основном планетарными законами движения в Солнечной системе, свойствами ближнего космоса, а именно потоками не только солнечной, но и космической энергии, поступающей на Землю. Земля перемещается по законам небесной механики по эллиптической траектории вокруг Солнца, при этом совершая прецессирующее вращение около собственной оси под влиянием гравитации – Луны, которая вращается вместе с Землёй вокруг Солнца и не имеет вращения относительно оси Земли. Такое сложное движение Земли [9], в котором участвует динамически значимая масса – жидкая вода Мирового океана, что должно приводить и приводит к приливам и локальным повышениям гидростатического давления на подстилающее дно, является источником сейсмических напряжений. Поскольку период собственного вращения Земли равен суткам, а период движения вокруг Солнца – году, то факт такого сложного движения значительно сглаживает удельный поток суточной и сезонной тепловой энергии на поверхность Земли. Атмосфера Земли и Мировой океан – две жидкие среды – аккумулируют поступающую солнечную энергию и перераспределяют её

между собой. Вот этот процесс перераспределения энергии и есть проявление катаклизмов, которые, выражаясь физическим языком, означает «градиенты энергии». Так вот они выглядят: ураганы, смерчи, нагоны, землетрясения, наводнения и тому подобные явления. Все, что происходит на поверхности Мирового океана, отражается в толще морской воды и в подстилающем ее дне. Чтобы понять, как людям выживать в этом изменчивом и, в общем-то, враждебном мире, есть один способ: надо, по крайней мере, этот мир пытаться понимать. А для этого необходимо регистрировать и систематизировать знания о нём путём необходимых инструментальных исследований. Но океан огромен и требует постоянного изучения. Именно поэтому необходимо объединять усилия. Только так удалось провести в акватории Атлантического океана в 1997–1998 гг. масштабные измерительные исследования в глобальном эксперименте по изучению циркуляции океана (WOCE). Успешный и масштабный проект, предложенный в 1999 г., был принят Международной океанографической комиссией (МОК), Всемирной метеорологической организацией (ВМО) и получил развитие и дорогу в жизнь как проект «АРГО», включая программы CLIVAR и ODAE [10]. Основу проекта составляют «умные» сканирующие измерительные буи, измеряющие солёность, температуру и давление, которые могут занимать программируемый горизонт и обмениваться результатами измерений со спутником. Удачное картирование ряда областей Мирового океана воодушевляет.

Инструменты исследований. Для динамической картины течений важно иметь мониторинг в реальном времени, реальных масштабах (сотен и тысяч километров) что, видимо, и будет осуществимо в скором времени, с развитием аппарата акустической томографии и томографии, так как только низкочастотные акустические волны способны преодолевать подобные расстояния.

Другой мощный инструмент исследований – спутниковая СВЧ-радиометрия [11]. Она позволяет в миллиметровом и сантиметровом диапазоне вести длительные масштабные наблюдения теплового и гидродинамического взаимодействия атмосферы и океана; позволяет регистрировать океанические течения и временные вертикальные турбулентности, среднемесячные потоки тепла, влаги и импульса на границе раздела атмосферы и океана. Результаты исследований показывают, что спутниковые радиометры-сканеры могут служить эффективным инструментом изучения сезонной и межгодовой динамики вертикальных турбулентных потоков на поверхности границы раздела океана и атмосферы.

Сочетание глобальной масштабности спутниковых и сети донных станций (обсерваторий) – это путь к решению задачи климата, который лежит через объединение усилий всех стран. Задача дорогая и трудоёмкая и требует объёмного решения, соизмеримого во времени с годовыми циклами и в объёме Океана – главного аккумулятора солнечного тепла. Требуется масштабный инструментальный анализ в режиме реального времени для получения ответов на вопросы о том, как устроен мир. Мы затронули только некоторые из основных факторов влияния Океана на климат. Разнообразие факторов влияния на энергобаланс Земли диктует сложность средств и задач исследования её климата.

Морские исследования климатических явлений, ввиду их масштабности, должны, видимо, выполняться сетью донных комплексных станций или обсерваторий, содержащих весь набор интересующих измерителей, включающих: мареографы, профилометры и точечные измерения как отдельных гидрофизических параметров, так и в комплексе мультипараметрических измерений в составе общего жёсткого конструктива. Такое мультипараметрическое конструктивное решение [12] показано на рис. 1 и рис. 2.

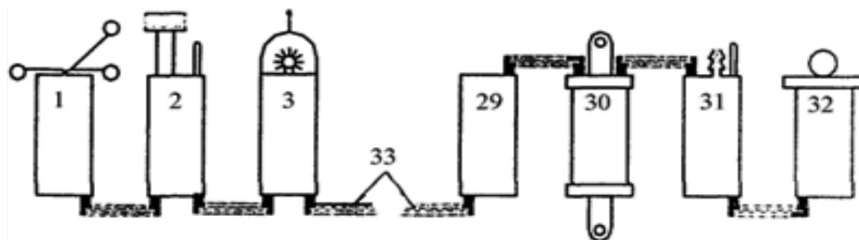


Рис. 1. Мультипараметрическая станция для обсерватории (развёртка и соединения). Показано схематичное соединение измерительных модулей, где 1–32 – измерительные модули (например, в цилиндрических корпусах) соединены через бароустойчивые разъемы шиной – 33 двухпроводного последовательного интерфейса

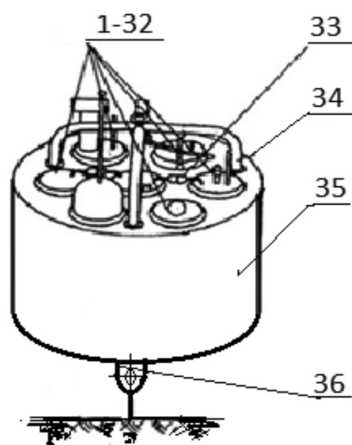


Рис. 2. Компонка общего вида мультипараметрической системы типа донной станции; где 1–32 – измерительные модули, соединенные шиной 33, 34 – опорный конструктив, 35 – плавучесть (например, эпоксидный сферопластик), выполняющая роль конструктива, 36 – модуль гидроакустического размыкателя типа «АГАР» разработки ОКБОН

Здесь жёсткий конструктив 35 содержит объединяющий микропроцессор и подключённые к нему блоки цифровой обработки параметров. Датчики, связанные с блоками цифровой обработки, заключены в автономные бароустойчивые корпуса и объединены последовательным асинхронным интерфейсом через бароустойчивые разъёмы в единую двухпроводную сеть, в которой каждый датчик со своим микропроцессором является законченным автономным модулем, исполняющим свою измерительную функцию, при этом один из модулей назначается синхронизирующим – «ведущим или управляющим» всей мультипараметрической системы. Таким образом, каждый модуль системы работает автономно от остальных, но по программе измерений для всей системы. Здесь плавучесть 35 (эпоксидный сферопластик) выполняет роль объединяющего конструктива. Гидроакустический размыкатель служит для извлечения донной станции после завершения ее работы. По сигналу судового акустического излучателя размыкатель отсоединяет станцию от якоря, и она всплывает за счет водоизмещения плавучести.

Такая система может быть оперативно рекомбинирована относительно параметров измерения с помощью последовательного асинхронного интерфейса, например RS485 или FSK. Интерфейс RS485 используют, когда электропитание модулей разделено, т.е. индивидуально в каждом модуле, а FSK используют тогда, когда электропитание осуществляется от единого источника, расположенного в одном из модулей, например управляющем, или из отдельного управляю-

щего энергомодуля. В качестве придонного источника питания многолетней емкости могут быть использованы РИТЭГИ (в среднем 220 Вт или аналогичные), как единый источник для всей донной обсерватории [13].

Обслуживание предлагаемой системы значительно упрощается, так как поверочные операции выполняются для каждого модуля отдельно, не требуют стационарных условий и возможны на борту научно-исследовательского судна во время рейса.

Для полноты обозрения океанологической картины, кроме статической постановки донных гидрофизических, гидрологических, гидрохимических, сейсмических и тому подобных станций необходимо получение профилей параметров по вертикальному разрезу и во времени. Следовательно, в обсерватории необходимо использовать технические способы и устройства постановки сканирующих тросовых зондов и притопленных буёв для выполнения вертикального профилирования. Один из способов вертикального сканирования представлен [14] на рис. 3 и рис. 4.

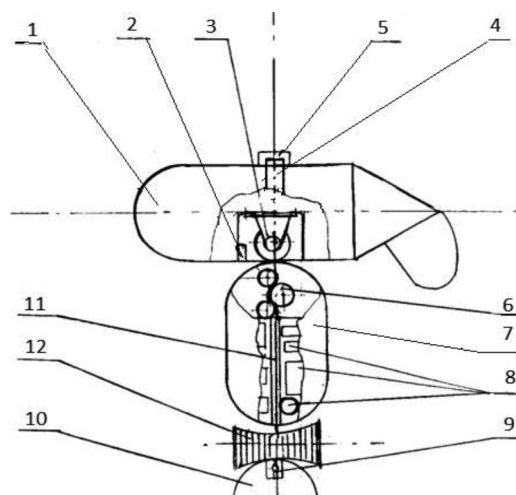


Рис. 3. Компонка сканирующего зонда в сборе

Здесь: 1 обтекаемый поплавок бую с датчиком 2 давления и лебёдкой 3, стяжка 4 с замком 5 и механизм привода 6. В прочном корпусе зонда 7 размещены, также микропроцессор, электропитание, радио и акустическая связь и другое оборудование 8. Акустический размыкатель 9 крепится к анкеру якоря 10 замком аналогичным замку 5 с электронным управлением, программируемым на необходимую глубину. Бифилярная вьюшка 12 с намотанным буйрепом 11, который верхним концом конструктивно проходит по вертикали через ось зонда и поплавок, и крепится на барабане лебёдки 3, а нижним концом крепится к электронному замку 5 на якорю.

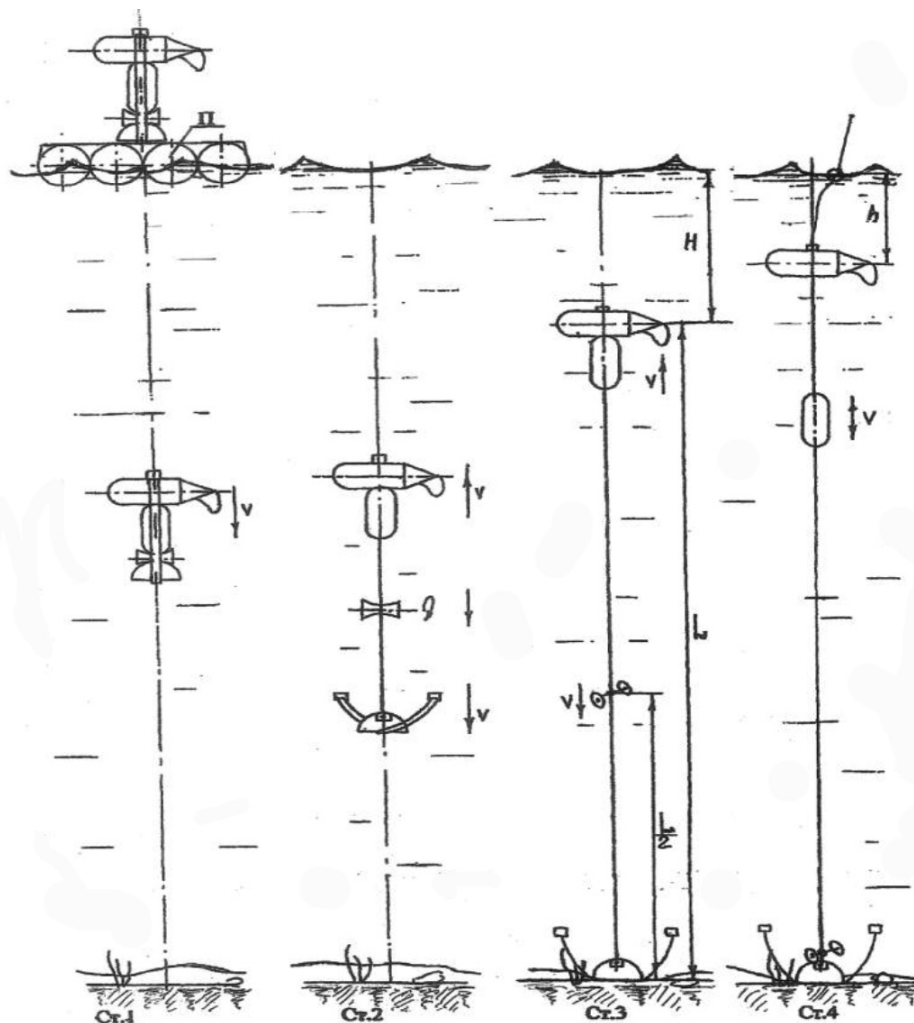


Рис. 4. Постановка притопленного океанологического буя

Показаны три стадии постановки: Ст. 1 – погружение, Ст. 2 – расстыковка, Ст. 3 – роспуск тросовой вертикали, Ст. 4 – рабочее сканирование. П – плавсредство грузовой «понтон», H, L и h – параметры геометрии тросовой вертикали, h – расчётное заглубление буя относительно уровня моря, L – основная длина тросовой линии, скреплённой с замком 5 якоря 10 (рис. 3), V – направление движения элементов тросовой линии, вьюшки якоря зонда. H – рабочий горизонт величин максимального заглубления назначается из расчёта влияния поверхностных волн и течений. Постановка осуществляется по сигналу датчика давления и под управлением микропроцессора 8. Измерения производятся в процессе движения зонда.

Предложение. Крупные задачи, поставленные в стратегической Концепции ВПИК, ввиду их крайней важности и огром-

ного масштаба инструментальных измерений целесообразно решать путем создания в территориальных водах заинтересованных стран сети региональных комплексных донных обсерваторий по программе и под эгидой ВПИК.

Работа выполнена в рамках государственного задания ИО РАН. Тема № 0149-2020-0012.

Список литературы

1. Данилевский Н.Я. Космос. Опыт физического микроописания Александра фон Гумбольдта. [Электронный ресурс]. URL: <http://danilevsky.ru/tvorcheskoe-nasledie-danilevskogo/po-hronologii-apisaniya/kosmos/> (дата обращения: 28.11.2020).
2. Воейков А.И. [Электронный ресурс]. URL: <https://geo.1sept.ru/article.php?ID=200302611> (дата обращения: 28.11.2020).
3. Гиппарх – греческий астроном. [Электронный ресурс]. URL: <https://studfile.net/preview/4378833/> (дата обращения: 28.11.2020).

4. Изменение климата. Веб-сайт ООН, раздел Изменение климата. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.un.org/ru/youthink/climate.shtml> (дата обращения: 28.11.2020).
5. Роль метана в изменении климата / Под ред. профессора А.Г. Ишкова. Неправительственный экологический фонд им. В.И. Вернадского, Российская экологическая академия. НИИПЭ, 2018. С. 58–62.
6. Толкачев А.Я. Морские исследования России, (НОК России) Всемирная программа исследования климата (ВПИК), Женева, Швейцария. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.wmo.ch/web/wcgr> (дата обращения: 28.11.2020).
7. Нигматулин Р.И. Океан диктатор климата. Директор ИО РАН // Эксперт. 2018. № 34 (1085). [Электронный ресурс]. URL: <https://ocean.ru/index.php/novosti-left/smi-odeyatelnosti-instituta/item/1071-ocean-diktator-klimata> (дата обращения: 28.11.2020).
8. Комаров В.С. Направление перспективного развития адаптивных энергосистем для автономных подводных аппаратов // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2018. № 12 (1). С. 114–119.
9. Федулов К.В., Астафьева М.Н. Структура климатических изменений (по палеоданным и данным инструментальной эпохи). Пр. 2150. М.: ИКИ РАН, 2008. С. 18–21.
10. Гулев С.В. Взаимодействие океана и атмосферы на различных пространственно-временных масштабах: автореф. дис. ... докт. физ.-мат. наук: 11.00.08, 11.00.09. Москва, 1997. 41 с.
11. Гранков А.Г., Мильшин А.А., Шелобанова Н.К., Черный И.В., Язерян Г.Г. Исследование взаимодействия океана и атмосферы с помощью СВЧ-радиометрических средств спутников EOS AQUA и МЕТЕОР-М № 1 // Журнал радиоэлектроники: электронный журнал. 2014. № 3. [Электронный ресурс]. URL: <http://jre.cplire.ru/jre/mar14/3/text.html> (дата обращения: 28.11.2020).
12. Комаров В.С., Серых В.Я. Мультипараметрическая система измерения гидрофизических параметров // Патент РФ № 2350934, 27.03.2009 г.
13. Журнал «Все о космосе». Статья Радионизотопный термоэлектрический генератор (РИТЭГ). [Электронный ресурс]. URL: <https://aboutsacejournal.net> (дата обращения: 02.12.2020).
14. Зацепин А.Г., Островский А.Г., Комаров В.С., Соловьев В.А. Способ постановки притопленного океанического буя // Патент РФ № 2404081, 20.11.2010 г.