

МЕТОДИКА ПОДВОДНЫХ  
ОКЕАНОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ  
С ПРИМЕНЕНИЕМ ПОДВОДНЫХ МАЧТ  
И ЗАГЛУБЛЕННЫХ БУЕВ  
А. В. МАЙЕР, В. Е. ДЖУС

Подводная фото-, киносъемка, как один из методов завоевавших признание благодаря своей простоте и общедоступности, занимает заслуженное место в подводных исследованиях. Однако при работе под водой возникает ряд специфических трудностей. Одной из них является сложность ориентации и жесткого фиксирования камеры в толще воды. Цель настоящей статьи — ознакомить читателя на конкретных примерах с возможными вариантами решения этой задачи на основе опыта, полученного Лабораторией подводных исследований Ленинградского гидрометеорологического института во время подводных экспедиций 1961—1965 гг. на Черном и Каспийском морях. 13 период проведения этих экспедиций изучались турбулентная диффузия поверхностного слоя моря до глубины 25 м, влияние течения и волнения на работу океанологических приборов, миграция слоя скачка, поляризация света в морской воде. Для точной ориентации съемочной аппаратуры под водой применялось следующее оборудование.

**Подводные штативы.** При исследованиях у дна на доступных легководолазу глубинах на дно устанавливается штатив-тренога или какая-либо другая опора, на которой крепится необходимая съемочная и измерительная аппаратура (рис. П). Камера должна закрепляться на жестком столике или кронштейне с помощью шарового шарнира, позволяющего фиксировать ее в нужном направлении. С помощью такого устройства можно с достаточной точностью ориентировать оптическую ось аппарата относительно поверхности воды или дна.

**Подводные мачты.** Для глубин в несколько десятков метров и в тех случаях, когда нужно проводить наблюдения в толще воды, возникает необходимость в строительстве под водой специальных мачт. По нашему мнению, целесообразно строить мачту, когда исследуемый слой воды имеет 25-30 м в толщину, а глубина места не превышает 40-50 м и позволяет аквалангистам работать у основания мачты. В этом случае ее вершина не будет доходить до поверхности воды. Мачты такого типа могут быть установлены с минимумом затрат, без использования громоздких плавсредств. Для обеспечения их установки достаточно иметь моторную шлюпку и плотик грузоподъемностью в 1 т с лебедкой или без нее. Рассмотрим два варианта

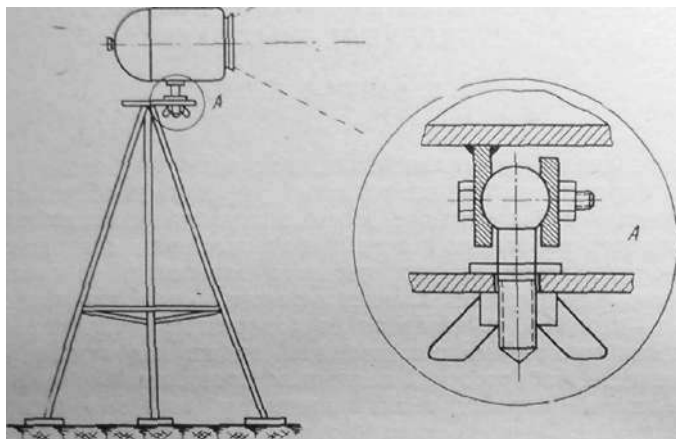


Рис. 1. Схема подводного штатива для установки аппаратуры

установки мачт, которые были применены нами в 1961—1963 гг. на Черном море.

В первом случае мачта представляла собой стальную 4,5-дюймовую трубу, состоящую из 5-метровых секций, прикреплявшихся одна к другой при помощи фланцев (рис. 2). Аквалангисты предварительно обследовали участок дна и на нужной глубине намечали точки, в которых должны были быть установлены монолиты для крепления растяжек мачты и центральный монолит, на который устанавливалась сама мачта. В выбранных точках выбрасывались маленькие пенопластовые буйки, а затем сбрасывались с плотика монолиты весом до 200 кг. Монтаж мачты производился под водой так, чтобы каждая последующая секция мачты с помощью бую поднималась в положение, близкое к вертикальному; после этого закрепляли нижний ярус стальных растяжек. Подобным образом были наращены и все остальные три 5-метровые секции мачты и заведен еще один ярус растяжек. Далее к мачте крепился столик-кронштейн, который можно было перемещать по высоте мачты. На столике с помощью шарового шарнира устанавливался аппарат для подводной съемки.

После окончания работ мачта была оставлена в море. Во время зимних штормов растяжки из стального троса диаметром 3,7 мм перетерлись, и мачта легла на дно. На следующий год мачта была поднята и закреплена с помощью новых растяжек. Работы продолжались по старой методике.



Рис. 2. Общий вид подводной мачты, собранной на берегу

В 1963 г. Лабораторией подводных исследований (ЛПИ) был применен другой способ установки подводной мачты (рис 3). На этот раз использовался плотик с лебедкой. Как и ранее были опущены четыре монолита для крепления растяжек мачты, а в центр - монолит-опора мачты. Глубина места постановки составляла 32 м. В монолит, являющийся опорой мачты, был вмонтирован опорный стакан для крепления нижней секции мачты. Из центра стакана к поверхности шел 8-миллиметровый стальной трос. К нему во время монтажа мачты привязывался плотик. Для установки выбиралась штилевая погода. Две 10-метровые секции мачты со специально приваренными фланцами лежали на плоту, готовые к постановке. С помощью шпагата с грузиком сквозь секцию мачты пропускался постановочный трос, и на страховочном тросе секция опускалась под воду, при этом

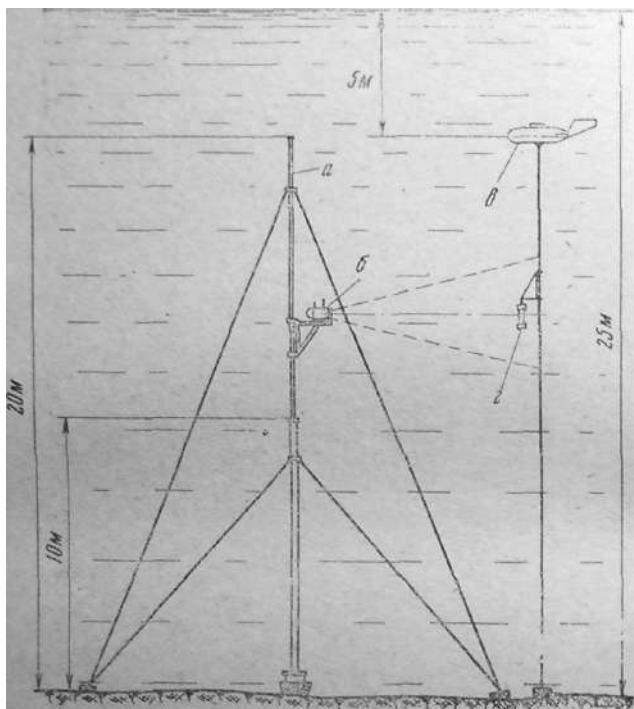


Рис. 3. Схема подводной мачты, использованной для съемки работы прибора для измерения скорости и направления течения:

а—мачта; б—кинокамера; в—заглубленный буй; г—прибор для измерения скорости

основной трос с помощью лебедки выбирался в тугую, и плотик становился над центральным монолитом. Затем страховочный трос постепенно стравливался, и секция мачты (диаметром 5") опускалась, пока нижний край, выполненный на конус, не попадал в стакан. В отдельных случаях аквалангисты при помощи ломика направляли секцию на место. Совместив отверстия на фланцах, которые для удобства были выполнены в виде эллипса, аквалангисты с помощью болтов быстро закрепляли нижнюю секцию в стакане центрального монолита. Сразу же вслед за этим в верхней части секции крепились растяжки, идущие от монолитов, которые прочно фиксировали секцию под водой. Затем основному тросу давалась слабина, и он продевался сквозь

вторую секцию мачты (диаметром 4"). Аналогично опускалась под воду следующая секция. После этого на верхнюю секцию заводился второй ярус растяжек, идущих от тех же монолитов.

Над мачтой выпускался маленький опознавательный буюк из пенопласта, а над одним из монолитов устанавливался буй для швартовки баркаса, плотика и шлюпок.

С помощью мачты были проведены исследования по изучению турбулентного обмена поверхностного слоя моря. Этому вопросу в последние годы придается большое значение. Турбулентность в значительной степени влияет на перенос тепла с поверхности в глубины океана и на формирование океанских течений, что в свою очередь имеет значение для океанографии и службы прогнозов. Очень сложный характер этого процесса не позволяет моделировать его в лабораторных условиях и затрудняет создание его математической теории. Натуральные измерения турбулентности, получаемые с помощью приборов, опускаемых с судна, часто оказываются некачественными из-за погрешностей, возникающих в результате качки судна, сложности тарировки и других причин. Метод непосредственных натуральных наблюдений, когда для визуализации процесса перемешивания используется диффузия облака красителя, фиксируемая на киноплёнку, наиболее эффективен. Наличие жестко фиксированной в водной толще вертикали, которой являлась мачта, позволяло получать более надежные данные, на показаниях которых волнение поверхности моря и колебания самой съёмочной аппаратуры не сказываются.

Другим применением подводных мачт является изучение работы под водой океанологических приборов с точки зрения влияния на них волнения, течений и других гидрометеорологических факторов. В частности, ЛПИ изучала работу самописца течений БПВ-2 на глубинах, на которые распространяется волновое воздействие. Для этой цели буйковая станция с самописцем БПВ-2 с заглубленным буюм была установлена на расстоянии, обеспечивающем четкое видение под водой (см. рис. 4). Под действием волнения параванный буй, заглубленный на 3-7 м, раскачивался, передавая свои движения в результате этого закрепленный на тросе самописец совершал хаотические колебания, которые фиксировались киносъёмкой. Обработка кинодокументации позволила установить связь между положением буя, самописца и другими характеристиками буйковой станции и характером колебаний самописца (его амплитудой, частотой, поворотом вокруг продольной оси и пр.) при различном волнении и различной скорости течения в море. Подобным способом могут быть исследованы и другие океанологические приборы, работающие в толще воды и у дна. Использование мачт позволяет также поставить детальные наблюдения над внутренними волнами и миграцией слоя скачка

Недостатком является то, что без больших трудностей можно построить мачту высотой не более 25 м. Строительство мачты большей высоты без специально оборудованных плавсредств

затруднительно, так как секции мачты таких размеров становятся достаточно тяжелыми и двух ярусов растяжек недостаточно.

Неподвижные заглубленные буи могут устанавливаться на глубинах до 200—300 м. Это буи с положительной плавучестью от 0,5 до 1,5 г, закрепленные под водой на трех растяжках, идущих якорям-монолитам. Буй имеет в вершей части вентиль, а в нижней — отверстие диаметром 40—50 мм, закрываемое герметичной заглушкой. Методика установки такого буя под воду такова. В углах равностороннего треугольника со стороны, соответствующей глубине съемки, сбрасывались бетонные монолиты весом 1,5 г с прикрепленными к ним саморазматывающимися буями. Затем буй, предназначенный к постановке, соединился с другим вспомогательным буюм, с меньшей положительной плавучестью. Соединительный трос выбирался длиной, несколько большей, чем глубина, на какую предполагается заглубить основной буй. После этого открывались заглушки, буй заполнялся водой и тонул, удерживаясь на заданной глубине вспомогательным буюм-поплавком. Аквалангисты присоединяли тросы от размотавшихся буюв к специальным приладам на корпусе заглубленного буя. После того как все растяжки надежно закреплялись, аквалангист наполнял буй воздухом из баллончика емкостью 7—10 л, находящегося под давлением 150 атм, тросы натягивались, и заглубленный буй получал устойчивое положение под водой. Верхний, вспомогательный буй отсоединялся и вместо него устанавливался маленький опознавательный буюк, колебания которого на поверхности не сказывались на заглубленной плавучести.

Перемещающиеся заглубленные буи. Когда для исследований одной фиксированной точки в водной толще недостаточно, а необходимо иметь для каждой точки наблюдения свои опорные пункты, целесообразно использовать конструкцию, получившую название «гидропаук» (рис. 5). От заглубленного буя он отличается тем, что тросы закрепляются не жестко; благодаря этому, подбирая или отпуская те или иные тросы на барабанах лебедок, можно перемещать «гидропаук» по вертикали и горизонтали между монолитами. В этом случае целесообразно применять лебедки с самотормозящей червячной передачей, что повышает безопасность при работе под водой. Лебедки могут быть использованы как ручные, так и с электроприводом. В первом случае необходимо перед перемещением «гидропаука» уменьшить силу натяжения тросов, заполнив через специальный вентиль часть объема буя водой. Возможность перемещения «гидропаука» в плане и по вертикали открывает перспективы для его использования при решении ряда экспериментальных задач.

Можно указать на перспективность конструкции «гидропаука» с лебедками с электроприводом. В капсуле аппарата могут

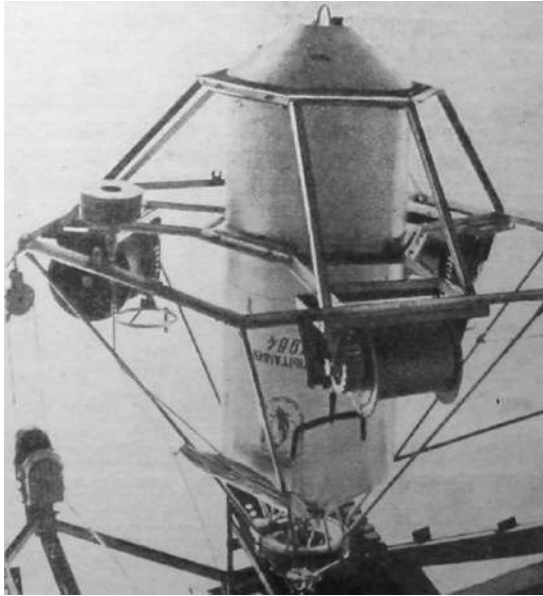


Рис. 4. Перемещающаяся заглубленная плавучесть. Общий вид

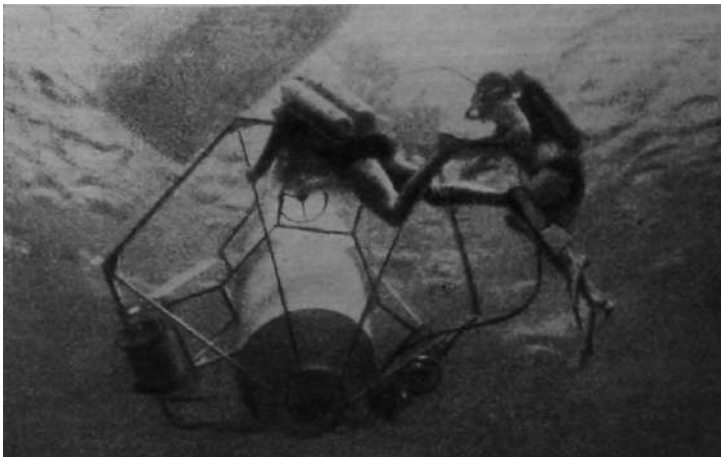


Рис. 5. Группа аквалангистов работает у перемещающейся заглубленной плавучести

размещаться наблюдатели. Такое устройство будет подобно подводной лаборатории Кусто, но с тем преимуществом, что оно может самостоятельно всплыть и перемещаться под водой в заданном районе.

Для проведения наблюдений и в других необходимых случаях наблюдатели могут выходить из этого устройства через нижний люк. По нашему мнению, такие устройства в будущем позволят проводить целый комплекс натуральных подводных исследований по изучению гидрофизических, биологических и других процессов, протекающих в водной толще океана.

## ВЛИЯНИЕ ВОЛНЕНИЯ И ТЕЧЕНИЯ НА ДВИЖЕНИЕ БПВ-2 В БУЙКОВОЙ ПОСТАНОВКЕ НА МЕЛКОВОДЬЕ

**В. Х. БУРНАШЕВ, Т. А. КУНЕЦ**

Во время летних экспедиций 1964—1965 гг. на Каспийском море лабораторией подводных исследований (ДНИ) Ленинградского гидрометеорологического института были продолжены эксперименты с целью выявить характер движения самописца системы Ю. К. Алексеева (в частности, БПВ-2) в буйковой постановке под влиянием течения и волнения. Эксперимент основан на методике подводной киносъемки, который успешно применялся ЛПИ при изучении турбулентного перемешивания в море, поведения спецприборов и работы механизмов под водой.

Местом выполнения экспериментальных работ были выбраны Нефтяные Камни на Каспийском море, сваи эстакад которых служили естественными опорными точками для аппаратуры и приборов под водой. Буйковая станция была поставлена в 5 м от свайного ряда площадки, с которой проводились подводные работы, в сторону открытого моря на глубине 23 м. В качестве поддерживающего буй применялся параванный буй плавучестью около 200 кг. Буй был поставлен на глубину 8 м, а самописец крепился с помощью кронштейна к тросу на глубине 12 м. На ближайшую сваю был надет хомут с кронштейном полуметровой длины, на котором жестко крепился столик с кинокамерой «Конвас-Автомат» в герметическом футляре. Рядом для сравнения

буйковой станцией был опущен трос с эстакады, на котором с помощью кронштейна была подвешена БПВ-2 на том же 12-метровом горизонте. Данные этого самописца принимались