



Подводное телевидение – инструмент учета морских биоресурсов

Д-р техн. наук М.Л. Заферман – ПИНРО

Визуализация подводных объектов путем наблюдения из обитаемых и необитаемых аппаратов – это метод, обеспечивающий исследователю наилучшее понимание явлений и процессов, происходящих под непрозрачной толщей воды. Огромную роль в этом сыграли обитаемые глубоководные аппараты, которые в нашей стране впервые появились в рыбном хозяйстве (Дмитриев А.Н., Заферман М.Л., Неретин В.И. *Подводные разведчики. Л.: Судостроение, 1984. 168 с.*). Развитие подводного телевидения является закономерным продолжением данного направления подводных исследований в современных условиях.

Обитаемые и необитаемые (телевизионные) аппараты не являются взаимоисключающими техническими средствами. Необходимость использования той или иной технологии диктуется определенной стадией научного процесса. Личное присутствие исследователя в обитаемом аппарате наиболее соответствует начальному этапу всякого исследования – качественного понимания сущности явлений путем визуального наблюдения. Следующий этап – количественный мониторинг, предусматривающий многократное измерение сравнительно небольшого числа наиболее важных параметров исследуемой популяции промысловых гидробионтов. Здесь необходимо приборное оснащение, способное автоматизировать операции получения информации от природных объектов и уменьшить долю участия в них человека, чтобы повысить объективность результатов. Этому этапу наиболее полно соответствует применение подводного ТВ. Не исключено и совместное применение обеих технологий (Муравьев В.Б. *Количественный учет объектов промысла из ПА «Север-2» телевизионным методом / Подводные рыбохозяйственные исследования: Сб. науч. тр. ПИНРО. Мурманск: ПИНРО, 1986, с. 129–135.*)

Сейчас первый этап научного процесса в рыбохозяйственной науке в значительной степени пройден: во многом благодаря визуальным наблюдениям мы понимаем основные закономерности поведения и распределения рыб и их взаимодействия с орудиями лова. Исследования все больше стали приобретать характер количественной оценки и мониторинга запасов промысловых объектов, отсюда и возрастание значения в подводных исследованиях телевидения благодаря объективности, измеримости и документальности результатов, неограниченности времени пребывания под водой, доступности первичных данных для многих исследователей. Поэтому в ПИНРО после многолетнего накопления опыта работы с обитаемыми подводными аппаратами, с начала 90-х годов, проводится систематическая разработка методов и технических средств подводного ТВ, имеющая главной целью учет промысловых объектов.

Подводное ТВ является частью направления в исследовании океана, которое обозначено И.Е. Михальцевым (*Техническая океанология // Океанология, 1998. Т. 38, № 5, с. 777–779*) как «наука об оптимальном выборе комплексов технических средств для эффективного решения конкретных исследовательских задач любого из разделов океанологии». Для морской рыбохозяйственной науки как прикладной ветви океанологии это направление

имеет едва ли не большее значение, чем для науки фундаментальной. Его принципы полезны и для промышленного применения, имея в виду выбор техники не столько для добычи рыбы, сколько для непосредственного обеспечения промысла необходимой информацией об объекте и процессе лова.

Особо ценными свойствами подводного ТВ являются: отсутствие принципиальных ограничений по глубине и времени работы под водой; объективность и измеримость получаемых данных и возможность непосредственного участия в наблюдениях одновременно многих квалифицированных специалистов.

Чтобы ТВ могло выполнять роль средства учета промысловых объектов, ему должна быть придана измерительная функция: определение по видеоизображению подводных объектов их геометрических параметров, пространственных координат и плотности в объеме воды или на поверхности дна. Для обеспечения этой функции в ПИНРО разработаны теоретические основы и практические рабочие формулы подводной видеограмметрии (Заферман М.Л. *Рыбохозяйственная гидронавтика. Мурманск: Изд-во ПИНРО, 1994. 239 с.*), которые используются для определения плотности скоплений, размеров, скорости плавания, ориентации рыб.

Использование подводного ТВ в ПИНРО для учета морских биоресурсов развивается в четырех основных направлениях, каждому из которых соответствует определенный тип аппаратуры (таблица).

Направления использования и технические средства подводного ТВ

Направления использования	Типы технических средств
1. Видеомониторинг донных промысловых объектов	Буксируемые и самоходные дистанционно управляемые аппараты
2. Видеоакустические технологии определения акустических параметров рыб <i>in situ</i>	Лазерное ТВ повышенной дальности действия
3. Определение уловистости тралов	Траловые видеорекордеры
4. Исследования биоресурсов прибрежного мелководья и марикультуры	Миниатюрная видеоаппаратура, малые самоходные аппараты

Приведенный в таблице перечень направлений не является исчерпывающим, так как периодически появляются новые задачи, решаемые с помощью подводного ТВ.

Донный видеомониторинг

Подводное ТВ является незаменимым средством съемки запасов донных промысловых объектов, обитающих на грунте и не регистрируемых гидроакустическими приборами: донных моллюсков, голотурий и т.п. Оценка запасов с помощью орудия лова (драга) не дает адекватных результатов, так как уловистость драги изменяется в процессе лова от 100 % до 0 (Gunderson D.R. *Surveys of fisheries resources. New York: John Wigley and Sons, Inc., 1993. 248 p.*). Наиболее пригодны для этой цели буксируемые системы – управляемые буксируемые носители, на которых устанавливается разнообразная видео- и акустическая аппаратура.

В ПИНРО создана видеокомпьютерная система «ПИНРОВЕР», построенная на базе буксируемого подводного аппарата *Ocean Rover* производства шотландской компании *Seamatrix Ltd.* (*McGregor D. Ocean Rover: A Towed ROV for Hydrographic Operations // Inter. Underwater Systems Design, 1985. Vol. 7, No. 3. P. 20–25*). К штатному оборудованию аппарата добавлены компьютерное оборудование (графическая станция), видеосмеситель и спутниковая навигационная система (рис. 1). В ПИНРО разработано специальное программное обеспечение, реализующее три режима работы: съемочный (основной), поисковый и режим наблюдений за орудиями лова (драгой). В съемочном режиме производится полуавтоматическое определение плотности объектов в произвольно выбранных точках, интерполяция плотности между точками измерений, запись данных в специальный файл, а по окончании съемки – автоматический расчет численности объекта. При наблюдениях за орудиями лова производится видеозапись. Система установлена на промысловом гребешколовном судне «Скаллопер» и используется в течение 12 лет для оценок запасов и поиска новых поселений исландского гребешка Баренцева моря, выполняя ежегодно по 2–3 съемки (*Исследования исландского гребешка Баренцева моря (методы, результаты, рекомендации) / Т.Э. Ближниченко, М.Л. Заферман, С.А. Оганесян, С.И. Филлин. Мурманск: Изд-во ПИНРО, 1995. 72 с.*).

При работе в прибрежных районах с расчлененным рельефом дна и сложной береговой линией хорошо зарекомендовали себя самоходные аппараты. Экспериментальные видеосъемки камчатского краба Баренцева моря в губах Кольского залива с оценкой его плотности проводились в ПИНРО с помощью аппарата *Hyball* (*Заферман М.Л. Экспериментальные работы по инструментальному учету камчатского краба // Исследования промысловых беспозвоночных в Баренцевом море. Мурманск: Изд-во ПИНРО, 1997, с. 85–90) – рис. 2*.

Видеоакустическая технология и лазерное подводное телевидение

Второе направление использования подводного ТВ предусматривает его применение в качестве средства получения адекватных рабочих мер для акустической съемки.

Существующие методы установления зависимости силы цели от вида и размера рыб нельзя считать надежными, так как они не обеспечены адекватными рабочими мерами плотности, размерного состава и силы цели гидробионтов *in situ*. Для получения таких мер, т.е. для метрологического обеспечения акустических съемок, предназначена видеоакустическая технология, разработанная в ПИНРО (*Ermolchev V.A., Zaferman M.L. Results of experiments on the video-acoustic estimation of fish target strength in situ // ICES Journal of Marine Science, 2003. 60: 544–547*).

Сущность видеоакустической технологии состоит в синхронном получении и обработке двух потоков информации от одной и той же рыбы: видеоизображения для идентификации вида и измерения размера особи и акустического эхо-сигнала для измерения ее силы цели. Данный метод требует максимального совмещения зон действия видео- и акустической аппаратуры. Для этого необходимо увеличить дальность подводного видения, что может быть достигнуто путем применения лазерного телевидения (ЛТВ).

В 1995 г. в ПИНРО были проведены первые испытания макета системы подводного ЛТВ, изготовленной в МариНПО и ООО «ОЛТЕК» (*Заферман М.Л. Первые морские испытания подводной лазерно-телевизионной системы // «РХ», 1996, № 6, с. 33*). В 1998 г. проведены испытания второго экспериментального образца (рис. 3) и одновременно экспериментальные работы по видеоакустической технологии. Система показала дальность подводного видения, в 3,2 раза большую, чем при визу-

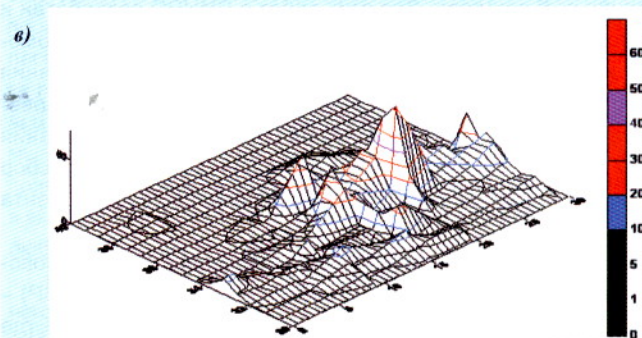
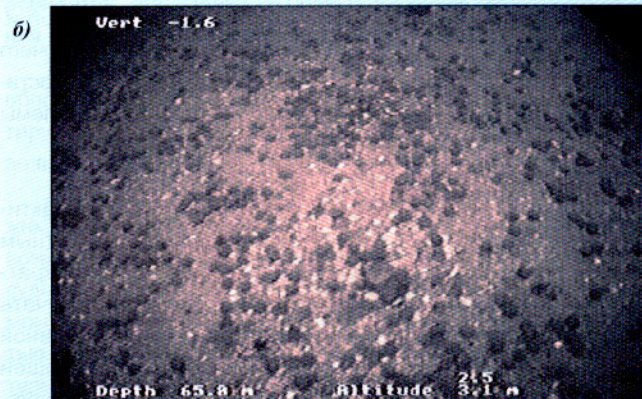
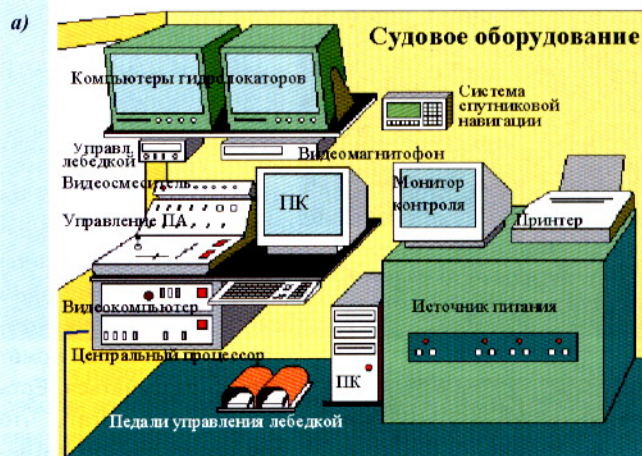


Рис. 1. Видеокомпьютерная система «ПИНРОВЕР»:

а – схема;

б – пример видеофайла;

в – результат съемки: планшет распределения плотности исландского гребешка



Рис. 2. Видеофайл камчатского краба Баренцева моря, снятый с помощью подводного аппарата Hyball

альном наблюдении и использовании обычного ТВ: при прозрачности по белому диску 5 м система ЛТВ позволяла видеть этот же диск на расстоянии 16 м. Здесь следует отметить, что для оценки возможностей системы важно именно это соотношение, а не абсолютная величина дальности видения, которая в разных водах может сильно различаться. Есть основания полагать, что при определенном техническом усовершенствовании аппаратуры можно увеличить дальность действия в 5–6 раз по сравнению с обычным ТВ.

Вышеупомянутые экспериментальные работы были проведены на молоди трески в Кольском заливе и показали высокую точность определения зависимости силы цели от длины рыб. Научно-исследовательская часть разработки ЛТВ завершилась полным подтверждением реальности и полезности данной технологии. Однако создание рабочего морского прибора ЛТВ оставалось на стадии экспериментального макета из-за проблемы финансирования.

Оценка уловистости орудий лова

Величина уловистости весьма важна для теории и практики рыболовства, поэтому попытки определить ее расчетным или экспериментальным путем предпринимались неоднократно. До сих пор еще не найден метод, позволяющий получать адекватные результаты, тем не менее, весьма перспективной представляется разработка методики, предусматривающей применение подводного ТВ для оценки скорости и направления движения, плотности и количественных характеристик поведения рыб при лове. Для этих работ в ПИНРО разработан и изготовлен траловый видеорекодер АВУ (рис. 4). С его помощью измерены бросковые и крейсерские скорости плавания черного палтуса, на основе которых построена модель поведения рыбы в зоне облова, сделана оценка концентрирования рыбы досками и кабелями к устью трала и производится сбор экспериментальных данных для определения коэффициента уловистости.

Для этих же целей создан более совершенный прибор нового типа – подводный видеокomпьютерный регистратор (ПВР) – рис. 5. В нем в отличие от АВУ и других подобных устройств, где съемка ведется видеокамерой с записью на кассету, предусмотрены видеозапись на компьютерный носитель и считывание без открывания прочного корпуса, что предотвращает попадание влажного морского воздуха и повышает надежность работы. Прибор изготовлен в титановом корпусе, имеет массу 16,5 кг и предназначен для автономных съемок на глубинах до 1500 м.

Биоресурсы малых глубин

Возрастающее значение биоресурсов прибрежных районов и марикультуры вызывает потребность в современных технических средствах их исследования и мониторинга. Подводное ТВ служит здесь для наблюдения за поведением гидробионтов в естественной среде и при искусственном выращивании, поиска промысловых объектов и мест размещения морских хозяйств. Поскольку работа в прибрежных районах производится с малых судов, катеров и шлюпок, аппаратура должна быть малогабаритной.



Рис. 4. Траловый видеорекодер АВУ-1м

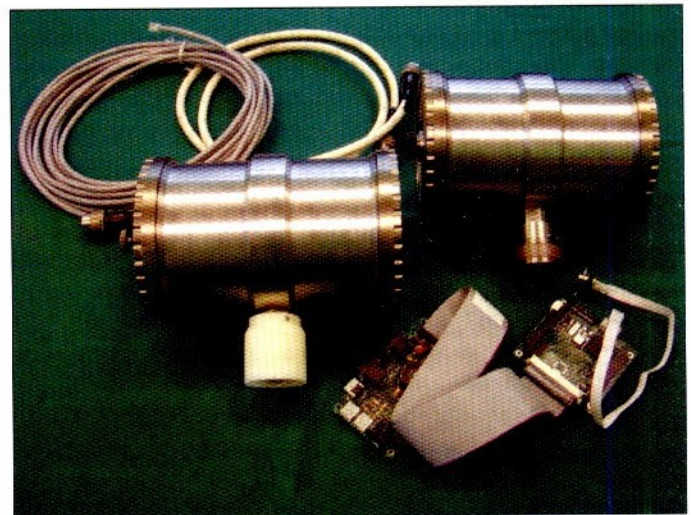


Рис. 5. Подводный видеокomпьютерный регистратор



Рис. 6. Подводный аппарат «Гном»



Рис. 7. Система «Мини-видео»



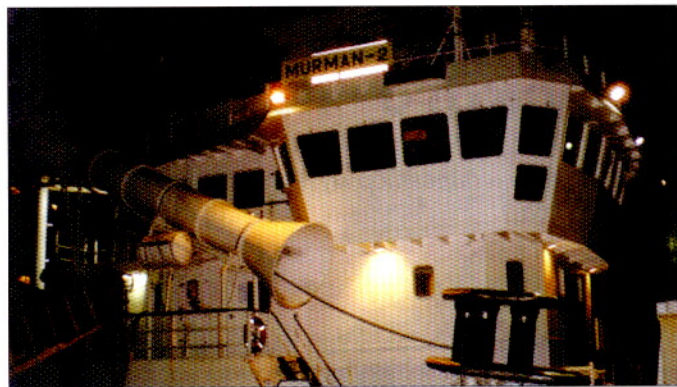
а)



б)

Рис. 8. Использование системы «Мини-видео» в рыбноводном садке: а – работа сачком с видеокамерой; б – рыбы на экране системы

В ПИНРО работы по изучению прибрежных биоценозов, поведения рыб (например, пинагора и др.), поведения камчатских крабов при выращивании в садках и ловле ловушками проводятся с помощью малого подводного аппарата «Гном», изготовленного в Институте океанологии РАН (рис. 6). Это самый миниатюрный в мире самоходный телевизионный аппарат: при глубине погружения 150 м его масса – всего 2,5 кг. Аппарат имеет автономное питание. Все подводное и надводное оборудование умещается в двух чемоданах весом 18 кг.



Для работ на самых малых глубинах (до 50 м) в ПИНРО разработан аппарат «Мини-видео» (рис. 7). Он представляет собой сверхминиатюрную ТВ-систему, предназначенную для съемок разнообразных объектов на прибрежном мелководье, в рыбноводных садках и т.п. Аппарат может быть установлен на различных инструментах и орудиях (например, на сачках для выборки отхода рыбы из садков), что делает эти орудия «зрячими», т.е. позволяет работать не вслепую (рис. 8). Система оснащена высокочувствительной цветной камерой, которая позволяет работать в дневное время без внешнего источника света. Она полностью автономна, вместе с малогабаритным монитором и источником питания (герметичным аккумулятором) весит около 3 кг, управляется одним человеком и может быть использована на сколь угодно малых плавсредствах вплоть до резиновых шлюпок.

Перспективность подводного ТВ, как и многих других технических средств, определяется его применением не только в научных исследованиях, но и при промысловых операциях. Видеоинформация об объектах и орудиях лова может обеспечить существенное совершенствование способов поиска и добычи гидробионтов. Вот далеко не полный перечень областей применения подводного ТВ в производственной сфере:

1. Получение информации о поведении и составе рыб в зоне облова, что позволит оперативно управлять режимом лова, адаптируя его к поведению и видовому и размерному составу рыб во время траления.

2. Поиск донных гидробионтов – крабов, моллюсков, иглокожих, водорослей и т.п. В случае использования лазерного ТВ возможен поиск на малых глубинах – при установке прибора на судне подобно эхолоту, а на больших – на устройстве, буксируемом на значительном расстоянии от дна и с большой скоростью. Ясно, что при этом будут обеспечены безопасность аппаратуры и высокая производительность поиска.

3. Контрольно-профилактические осмотры орудий лова. Большие успехи в этом деле были достигнуты в 80-е годы: суточная производительность осмотренных промысловых судов увеличилась в среднем на 31 % (Неретин В.И., Честнов С.В. *Настройка тралов промысловых судов с помощью подводных наблюдений* // «РХ», 1986, № 1, с. 62–63). Тогда использовались обитаемые подводные аппараты типа «Тетис». Сейчас целесообразно применять видеосистемы, менее дорогие и более оперативные в эксплуатации. Будучи малогабаритными, они могут иметься на любом судне.

Поскольку главным недостатком подводного ТВ, как и визуального наблюдения, является малая дальность видения в водной среде, наиболее перспективна аппаратура, создаваемая на базе технологии лазерного подводного ТВ. Как показал эксперимент, она может обеспечить дальность подводного видения в морях Российского Севера и Дальнего Востока около 15–20 м, а по мере совершенствования – до 30–40 м. Для решения ряда исследовательских и промысловых задач этого уже достаточно.