

УВИДЕТЬ ДНО: ОТ ПЕРВОЙ БАТИСФЕРЫ ДО АВТОНОМНЫХ МОДУЛЕЙ

Г. М. Виноградов, С. В. Галкин

*Институт океанологии им. П. П. Ширшова РАН,
Россия, 117997, Москва, Нахимовский проспект, д. 36,
e-mail: egor@ocean.ru; galkin@ocean.ru*

Рассмотрена история исследования океана с применением глубоководных обитаемых и необитаемых аппаратов, позволяющих человеку вести наблюдения и производить манипуляции в океане.

Ключевые слова: батисфера, батискаф, подводные аппараты, «точечные» объекты, прямые наблюдения

«На вопрос, как я достиг таких результатов в завоевании океанских глубин, мне трудно ответить. Пожалуй, главное здесь было в точной направленности поставленных задач... [Ее] дал мне наш старый ученый, который несколько лет назад призывал нас, моряков, помочь науке найти «глаза» и «руки», которые могли бы достать океанское дно...»

И. А. Ефремов, 1944 год, «Атолл Факаофо»

В популярных текстах про изучение океана иногда встречаются строки «Оды, выбранной из Иова» Михаила Васильевича Ломоносова, написанной где-то между 1743 и началом 1751 гг. (цит. по: Ломоносов, 1986):

*Стремлинами путей ты разных
Прошел ли моря глубину?
И счел ли чуд многообразных
Стада, ходящие по дну?*

Некоторая ирония здесь заключается в том, что в самой «Оде» это – строки из перечня свершений, для человека заведомо невозможных, коим высшая сила укоряет взроптавшего Иова. То, что в наши дни восприятие этих слов прямо противоположно, происходит из того, что с данным примером невозможного Ломоносов ошибся.

Планомерные исследования океана начались немногим более 200 лет назад. Полтора века ученым приходилось довольствоваться тем, что приносят со дна приборы, опускаемые с судна на стальном тросе. Были собраны большие зоологические коллекции, выявлены основные закономерности распределения жизни на дне и в толще вод Мирового океана, выявлены зоогеографические границы и закономерности

распределения продуктивности (Беляев и др., 1959; Vinogradova, 1997; Zezina, 1997). «Большой лик океана» ученым открылся (Виноградова, 1976). Но вот детали, такие, как экосистемы, существующие лишь на небольших участках дна, оставались незамеченными.

Воочию увидеть, что происходит на дне, отчасти помогали спускаемые на тросах фотокамеры. Подводная фотосъемка зародилась в середине XIX века. Первым подводным снимком, вероятно, было фото, полученное в 1856 г. англичанином Вильямом Томпсоном (William Thompson), запечатлевшим с помощью прикрепленной к шесту фотокамеры заросли макрофитов на морском мелководье Дорсета (Deane, 2013; Myers, 2013). Однако реальный толчок в своем развитии как инструмент исследования моря фотосъемка получила уже в конце XIX века трудами французского исследователя Луи Бутана (Louis Marie-Auguste Boutan) (Guichard, 1899; Myers, 2013; Elkays, 2021) (рисунок 1).

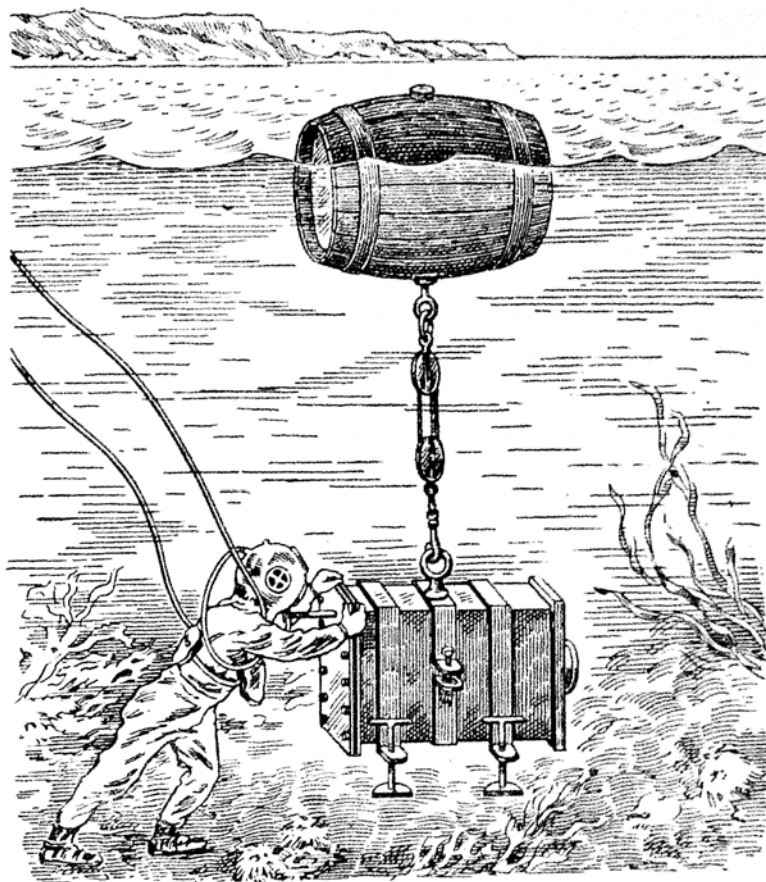


Рис. 1 – «Устройство Бутана, поддерживаемое бочкой, управляется водолазом»
(Из статьи: Ivanoff, 1953, fig. 3)

Появившись в научной практике, подводная фотосъемка быстро развивалась (Ivanoff, 1953). Первые автоматические фотокамеры, позволявшие получить снимки с глубины нескольких километров, появились в 1940 г. (Ewing, Vine, Worzel, 1946). В отечественной практике фотоустановки, в том числе стереоскопические,

позволявшие получать фотоснимки дна на предельных глубинах океана (ПФ-56, ПФ-66-С), широко использовались с середины 1950-х годов в экспедициях НИС «Витязь» (а после – и других судов ИО АН) (Зенкевич, 1960; Сорок рейсов..., 1968; Шехватов, 1983) (рисунок 2). Они позволили получить важные данные как по геологии (Зенкевич, 1970), так и по биологии морских глубин (Беляев, 1989). При работе с такими установками за один спуск удавалось получить качественное изображение ~2.5 м² морского дна (Шехватов, 1983), но их кадры получались в результате съемок «вслепую».

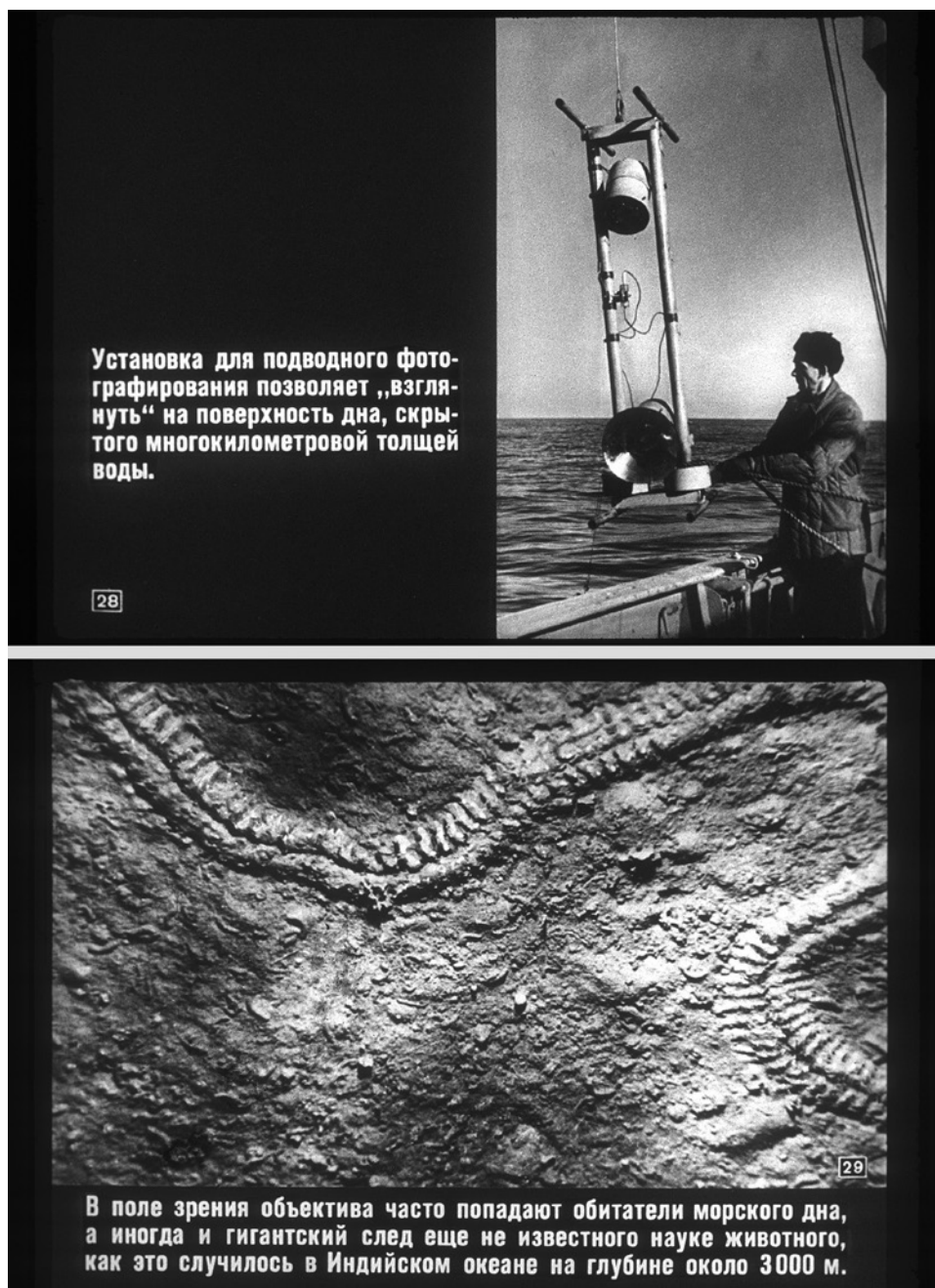


Рис. 2 – Кадры из диафильма «Сорок рейсов «Витязя»», посвященные подводной фотосъемке (Сорок рейсов..., 1968, кадры 28 и 29)

Совершить следующий прорыв в изучении биологии океана позволили глубоководные аппараты. Исследователи, наконец, получили возможность изучать донные экосистемы как ландшафт. Кроме того, подводные аппараты абсолютно незаменимы для изучения небольших объектов антропогенного и природного происхождения на дне океана, от затонувших судов до гидротермальных полей.

Но глубоководные аппараты возникли не на пустом месте. Первыми в этом ряду стояли батисферы – камеры в виде стального шара, снабженные иллюминаторами и опускаемые на тросе с надводного судна. В ряде уважаемых справочных изданий указано, что первый спуск на батисфере был осуществлен итальянцем Феличе Бальзамелло (Felice Balsamello) в 1892 г. в Средиземном море на глубину 165 м (Батисфера..., 1970). Однако существующие описания «Подводного шара» («Palla Nautica») Бальзамелло свидетельствуют, что он был не батисферой, а одной из ранних конструкций подводных лодок: *«Palla снабжен рулевым аппаратом и гребным винтом, и его ход под водой можно направлять по своему желанию. Сложная система насосов позволяет погружать его на любую глубину, на которой предполагаются работы, и с помощью простых механизмов его можно без промедления поднять на поверхность»* (Аноним, 1893). Более похож на батисферу цилиндрический гидростат американского инженера Г. Гартмана, опускавшийся в 1911 г. на глубину 458 м в Средиземном море (Рутенберг, 1936).

Но как бы то ни было, первые глубоководные наблюдения из батисферы, спускавшейся под воду на тросе, проводились Уильямом Бибом. Биб был натуралистом широкого профиля, и в морскую биологию пришел из орнитологии (Москалев, 2005). В 1934 г. в районе Бермудских островов Уильям Биб вместе с Отисом Бартоном совершили свое знаменитое погружение в сконструированной последним батисфере, в которой они достигли глубины 923 м, проведя первые наблюдения мезопелагических животных (Вебе, 1934, перевод: Биб, 1936). Свои наблюдения исследователи фиксировали с помощью зарисовок, что, в свою очередь, неизбежно порождало вопросы о точности этих рисунков. Батисфера давала человеку первую возможность собственными глазами увидеть глубины океана – но и не более того. Как отмечал в приложении к русскому переводу статьи У. Биба Л. А. Зенкевич: *«пока роль пассажира, помещенного в батисферу, ограничивается только пассивным наблюдением. Все приборы заключены в оболочку батисферы. Большим шагом вперед явится, несомненно, вынесение части приборов за стенку батисферы и возможность манипулировать ими и делать наблюдения исследователю, заключенному в герметически закрытой батисфере. Без этого усовершенствования много больше того, что делает Биб, сделать не удастся»* (Зенкевич, 1936). И действительно, хотя погружения батисферы продолжались, и в 1949 г. Отис Бартон достиг на ее усовершенствованной версии глубины 1375 м, ничего нового, по сравнению с результатами 1934 г., они уже не принесли.

Более мелководные гидростаты при этом продолжали использоваться. Так, в СССР в 1960–1980-х гг. активно эксплуатировался принадлежавший ПИНРО гидростат «Север-1» с рабочей глубиной 600 м, использовавшийся для нужд

рыбохозяйственной науки. Аппарат был создан специально для подводных исследований (Королев, 2011).

В конце 50-х годов в СССР была предпринята попытка приспособить для изучения промысловых рыб дизельную подводную лодку. Переоборудованная «Северянка», в корпус которой были врезаны иллюминаторы для наблюдений, совершила в 1958–1966 гг. 9 научных рейсов с обследованием верхнего 170-метрового слоя воды. С «Северянки» были проведены важные наблюдения за распределением макрозоопланктона и за скоплениями сельди (в том числе тогда впервые наблюдали спящую сельдь), а также за поведением под водой промысловых орудий лова (Ажажа, 1961; Ажажа, Соколов, 1966).

Однако наиболее перспективным направлением развития глубоководных обитаемых средств стали батискафы, способные достигать ультраабиссальных глубин и свободно перемещающиеся в водной толще (Piccard, Dietz, 1961, перевод: Пиккар, Дитц, 1963; Диомидов, Дмитриев, 1964; Houot, 1972, перевод: Уо, 1976). Их плавучесть обеспечивал гигантский поплавок, наполненный несжимаемым легким бензином, а всплытие происходило за счет сброса балласта. Эру батискафов открыло погружение 26.10.1948 аппарата «FRNS-2», созданного Огюстом Пикаром, у островов Зеленого Мыса. Батискаф достиг глубины 1515 м. А 23.01.1960 батискаф «Триест» с командой из Дона Уолша и Жака Пикара достиг дна Марианской впадины в ее максимально глубоком участке, котловине Челленджера, на глубине 10 919 м. Океан впервые был просмотрен «насквозь» (Piccard, Abercrombie, 1960).

Хотя наиболее известным батискафом, несомненно, является «Триест», увенчанный лаврами покорителя Марианской впадины, наибольший массив научных данных был получен в погружениях французского «Архимеда». «Архимед» совершил 226 погружений в Средиземном море, в Северной Атлантике и в желобах Пуэрто-Рико и Японском, причем 26 из этих погружений превышали глубину 5000 м, 17–6000 м и 11–7000 м (Jamieson et al., 2020), что позволило, среди прочего, получить первые описания глубоководных ландшафтов и провести наблюдения за глубоководными животными *in situ* (Pérès, 1965). Батискафы открыли новое и в толще вод океана: первые же спуски «Триеста» и «FNRS-3» показали, что в столбе воды плавает много желетелых животных (медуз, сифонофор и гребневиков), куда больше, чем показывали ловы планктонными сетями, которые зачастую просто разрушают этих нежных животных (см., например, Varham, 1963, 1966). Впрочем, хоть как-то подойти к этим наблюдениям с «числом и мерой» тогда не удалось, и эта задача была решена только потом, когда в строй вступили обитаемые подводные аппараты нового поколения.

Но большие габариты и вес до 300 т обусловили низкую маневренность батискафов и сложности с их транспортировкой, к тому же наличие на борту судна нескольких сотен тонн бензина для балластной системы было достаточно опасно, кроме того (хотя в те времена этому придавалось меньшее значение, чем в наши дни) утечка бензина могла привести к загрязнению окружающей среды. К недостаткам батискафов, очевидно, следует отнести и то, что основным способом

получения информации при их использовании оставались визуальные наблюдения, которые было невозможно подтвердить отбором проб, при том, что практика таких наблюдений еще не была налажена. Как отмечал в те годы Торбен Вольф, «*похоже, это относится к большинству наблюдений из батискафов, что даже [наблюдатели]-зоологи испытывают большие трудности с распознаванием существ, видимых через иллюминатор*» (Wolff, 1961). Периодически возникали сомнения в верности некоторых наблюдений, полученных с батискафов. Так, например, сообщения Ж. Пиккара о рыбе и креветке, встреченных «Триестом» на дне Марианской впадины (Piccard, Abercrombie, 1960; Пиккар, Дитц, 1963), скорее всего, относятся к бентопелагической голотурии и мизиде (Wolff, 1961; Беляев, 1989; Jamieson, Yancey, 2012). История с «триестовой рыбой» особенно важна тем, что, по современным представлениям, существует биохимический запрет на проникновение рыб на глубины, превышающие примерно 8200 м, так как в их тканях содержится специальный протектор, предохраняющий белки от воздействия давления, а с глубиной его концентрация растет, и в итоге достигает предела, за которым его не дает накапливать уже не гидростатическое, а осмотическое давление в клетках (Yancey et al., 2014). И наблюдение в Марианской впадине, будь оно достоверным, полностью опровергло бы эти построения. Другим известным наблюдением, подвергнутым сомнениям, оказалась встреча Ж.-М. Пересом большого количества липаровых рыб во время погружения на батискафе «Архимед» на глубину 7300 м в Пуэрто-Риканском желобе в 1964 г. (Pégès, 1965). Повторные исследования с глубоководного аппарата «Limiting Factor» позволяют предположить, что Перес так же принял за рыб голотурий *Peniagone* sp. (Jamieson et al., 2020).

Но расцвет батискафов был короток. К середине 1960-х годов настало время аппаратов нового типа – мобильных, легких, маневренных. Бензиновые поплавки заменили куда меньшие по размерам поплавки из необжимаемых сферопластиков (синтактиков), представляющих собой эпоксидный компаунд с наполнителем из стеклянных микросфер, сбрасываемую дробь – помпы, способные откачивать из балластных цистерн забортную воду против давления в 600 с лишним атмосфер. Высокая маневренность позволила аппаратам обзавестись «руками»-манипуляторами (которые пытались ставить еще на батискафы, но те были слишком неуклюжи) и пробоотборниками. Первыми ласточками нового поколения глубоководных обитаемых аппаратов (ГОО) стали построенные в 1964–1970 гг. в США «Алюминат» с глубиной погружения до 4500 м, «Алвин», «Си-Клифф» и «Тетл» (2000 м), серия аппаратов «Стар» (до 1300 м) и канадские аппараты «Пайсис» (2000 м, два аппарата из этой серии приобрел и Советский Союз), которые внесли большой вклад в науку в 1970–1980-х годах (Подражанский, 1982; Сагалевич, 1987). Ближе к концу XX века в строй стали вступать ГОО, способные достичь глубины 6000 м: французский «Нотиль» (1985 год), российские «Миры» (1987 г.), японский «Шинкай-6500» (1989 год). Модернизировался и увеличивал глубину своих погружений ветеран «Алвин». ГОО совершенствовались и развивались, строились как более

универсальные, так и специализированные подводные аппараты (Сагалевич, 1999, 2002; Королев, 2011).

Подводные аппараты абсолютно незаменимы для изучения небольших, фактически «точечных» объектов антропогенного и природного происхождения на дне океана. К таковым относятся затонувшие суда, подводные коммуникации, а также уникальные экосистемы гидротермальных полей и холодных высачиваний.

Именно благодаря ГОА стало возможным открытие (Corliss et al., 1979) и исследование гидротермальных полей на дне океана, включающее как фаунистику (Desbruyères et al., 2006), так и экосистемные исследования, в которые внесли свой вклад в том числе и экспедиции Института океанологии РАН с глубоководными обитаемыми аппаратами «Мир» (Экосистемы..., 2006; Галкин, Сагалевич, 2012). Прямые наблюдения дают возможность применить к донным (и в первую очередь гидротермальным) сообществам также и ландшафтный подход, успешно зарекомендовавший себя при изучении наземных биогеоценозов (Берг, 1947; Арманд, 1975), но долгое время бывший практически нереализуемым на океанских глубинах. Обозначая один и тот же природный объект, экосистема и ландшафт отражают разные его аспекты. И если экосистемный подход дает возможность выработать представление о закономерностях функционирования экосистем, о направлении и напряженности энергетического и вещественного потока в пределах природной системы, то ландшафт, в его первоначальном толковании, обозначает некий зрительный образ природной системы, обладающий определенными характерными чертами. Каждая природная система имеет нечто вроде своей «физиономии». Ландшафт и является такой «физиономией», и в самом общем виде может быть определен как внешний вид экосистемы (рисунок 3). В соответствии с этим, каждое сообщество, рассматриваемое как биотический компонент ландшафта, характеризуется прежде всего с физиономической стороны, то есть все оценки (выявление доминантов, численности популяций, взаимной приуроченности и т. п.) основаны прежде всего на визуальном методе.

С помощью ГОА изучались и другие «малые» донные экосистемы, связанные с бактериальным хемосинтезом, формирующиеся на пятнах холодных высачиваний и на грязевых вулканах (Gebruk et al., 2003).

Наблюдения при погружениях ПОА «Аргус» и ГОА «Мир» позволили исследовать тонкую структуру вертикального распределения планктона в столбе воды и особенности поведения (рисунок 4) планктонных животных (Виноградов, Шушкина, 1982; Виноградов и др., 1991; Виноградов, Чиндонова, 1994). Аналогичные наблюдения проводились и с канадского «Пайсис-4» и французской «Цианы» (Maskie, 1985; Laval et al., 1989).

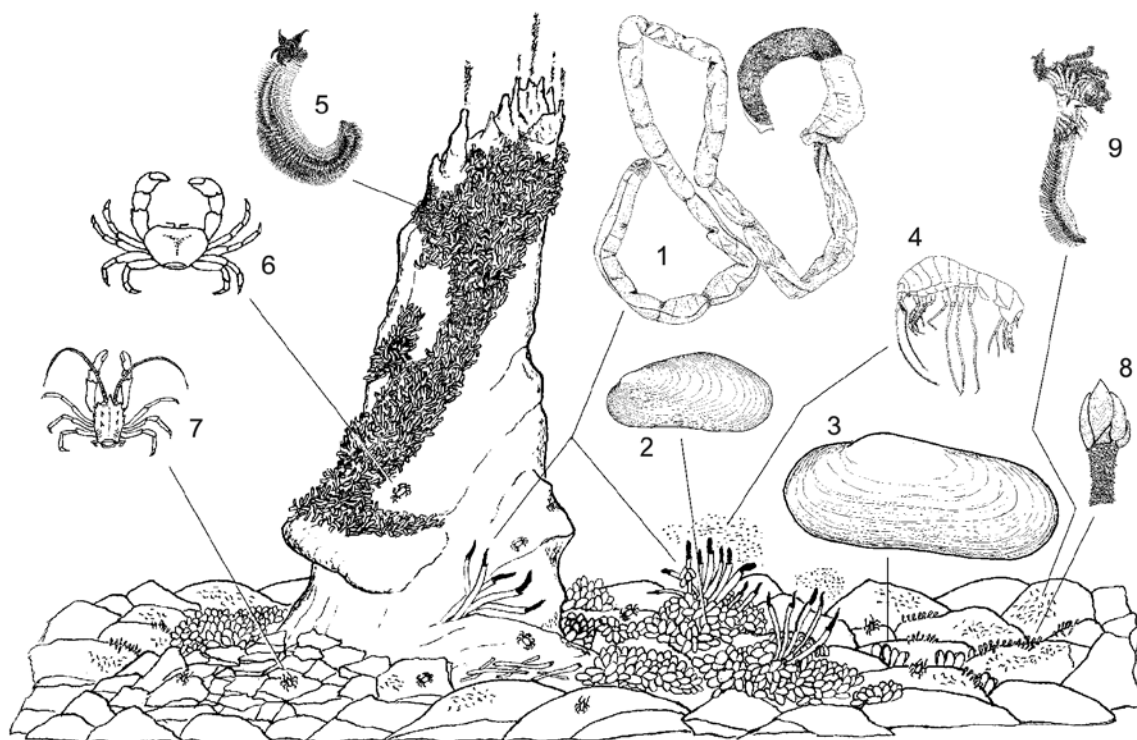


Рис. 3 – Распределение фауны на гидротермальном участке BV ($9^{\circ}50.97'$ с. ш., $104^{\circ}17.59'$ з. д., глубина 2517 м). Высота постройки 5 м, вид с северо-востока. По прямым наблюдениям и фото- и видеоматериалам из погружения ГОА «Мир-2» № 22/360 16.09 2003 г., 49-й рейс НИС «Академик Мстислав Келдыш», ст. 4642. 1 – *Riftia pachyptila*, 2 – *Bathymodiolus thermophilus*, 3 – *Turneroconcha magnifica*, 4 – *Halice hesmonectes*, 5 – *Alvinella pompejana*, 6 – *Bythograea thermidron*, 7 – *Munidopsis subsquamosa*, 8 – *Neolepas zevinae*, 9 – *Laminatubus alvinae*, 10 – *Leptodrilus* aff. *elevatus* (по Galkin et al., 2004, fig. 5)

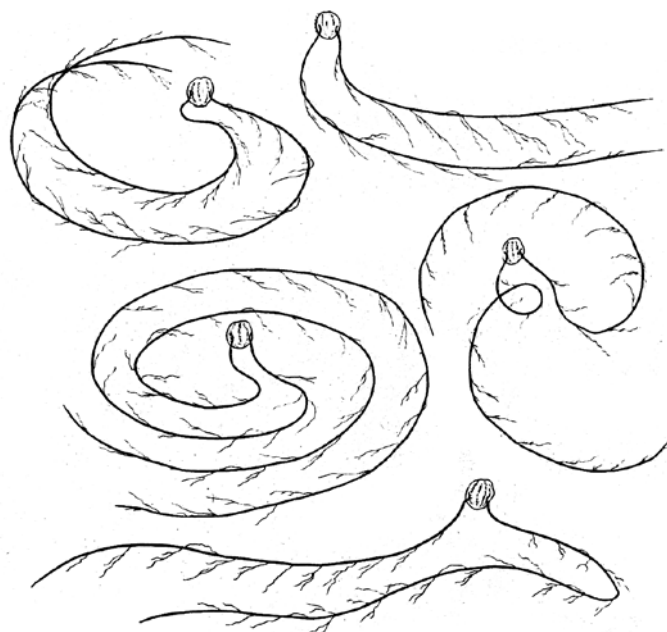


Рис. 4 – Положение щупалец черноморских гребневи́ков-плевробрахий, охотящихся на рачков-калянусов: зарисовки М. Е. Виноградова из аппарата «Аргус» (Виноградов, Шушкина, 1982, рис. 4)

Уже при первых попытках подсчета планктеров из «Аргуса» были получены оценки численности макропланктона, в том числе и желетелых животных (Виноградов, Шушкина, 1994). Оказалось, что на батимальных глубинах желетелые составляют 80–90 % сырой массы планктона (или 25–40 %, если выразить биомассу планктона в $C_{орг}$). Существовавшая точка зрения, что есть рачковый планктон, определяющий суть происходящих в пелагиали процессов, и есть разные не столь важные примеси к нему, оказалась весьма далекой от действительности. В вертикальном распределении планктона удалось наблюдать узкие «пиковые» слои повышенной концентрации планктеров, которые сложно обнаружить при отборе проб планктонными сетями, «размазывающими» такие слои по всей толщине обловленного отрезка столба воды (Виноградов, Шушкина, 1982, 1994). Эти наблюдения крайне важны, так как роль разнообразных «пиковых ситуаций» в жизни моря остается недостаточно хорошо изученной (Виноградов, 2008). В дальнейшем наработанная при погружениях «Аргуса» методика была адаптирована для ГОА «Мир» (Виноградов и др., 2006), и в практику планктонных работ ИО РАН вошел подсчет макропланктонных животных в «большой рамке» площадью 3 м², образованной вытянутыми вперед манипуляторами ГОА и натянутым фалом, маркирующим заднюю границу рамки (рисунок 5). При спуске аппарата наблюдатель постоянно наговаривал на диктофон названия проходящих через рамку животных и глубину нахождения ГОА, что, после дальнейшей расшифровки, позволяло получить точную картину распределения численности организмов в столбе воды (рисунок 6). Наблюдения проводились как в районах гидротермальных полей, так и над «спокойным» дном (Vereshchaka, Vinogradov, 1999; Виноградов и др., 2003, 2003а; Vinogradov, 2005). Удалось провести и наблюдения над обитателями тонкого придонного слоя воды, обычно остававшегося недоступным ни бентосным, ни пелагическим орудиям лова (Vinogradov, 1999).

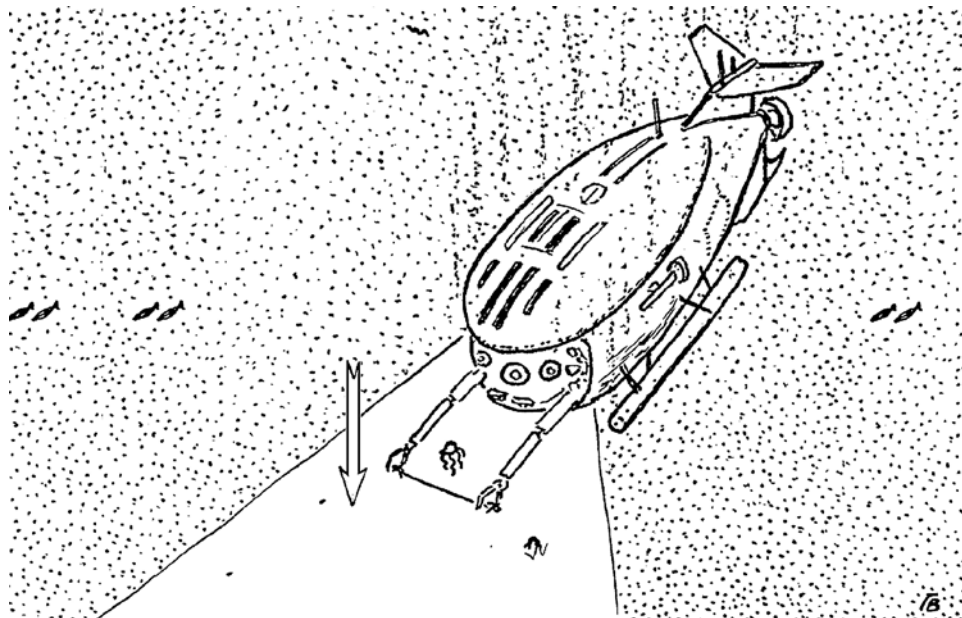


Рис. 5 – Подсчет макропланктона в «большой рамке»

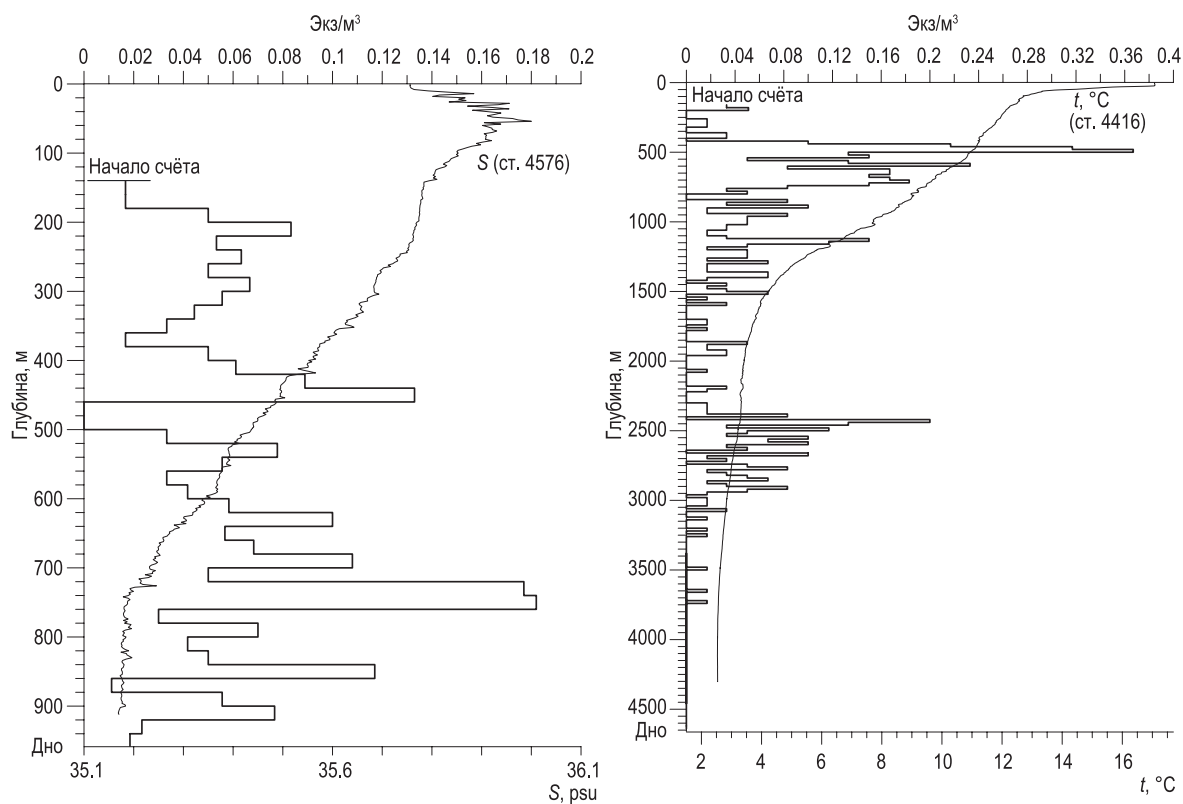


Рис. 6 – Слева: вертикальное распределение общей численности желетелого планктона (включая домики аппендикулярий) на полигоне «Менез-Гвен» (Северная Атлантика, 37°50' с. ш., 31°32' з. д.) по прямым подсчетам из ГОА «Мир» (30.07.2003, набл. Г. М. Виноградов). Так же показана кривая солёности воды, видно, что пики численности желетелых совпадают с «зазубринами» на этой кривой (= со скачками плотности воды). Справа: вертикальное распределение гребневиков на полигоне «Бисмарк» (Северная Атлантика, 48°06' с. ш., 16°09' з. д.) по прямым подсчетам из ГОА «Мир» (дневные часы 2.08 2002 г., набл. А. Л. Верещака). Показана температура воды

«Миры» оказались незаменимы при проведении исследовательских и подводно-технических работ на месте гибели АПЛ «Комсомолец» (Океанологические..., 1996), при изучении фронта Гольфстрима и работах у останков «Титаника» (Океанологические..., 2002) и на других затонувших кораблях (Сагалевич, Галкин, 2002).

Говорить о достижениях ГОА можно долго. Но, кроме обитаемых глубоководных аппаратов, на поле появились и другие игроки. Еще в 1936 г. Л. А. Зенкевич высказал воистину пророческую мысль, что *«не подлежит сомнению, что при достаточном источнике света и усовершенствованной конструкции телевизора можно будет наблюдать и, может быть, заснять многие интереснейшие моменты, скрытые сейчас от нашего взора»* (Зенкевич, 1936). Время полностью подтвердило его правоту. Все большую роль стали играть как телеуправляемые необитаемые подводные аппараты, так и буксируемые модули. Мы не ставим целью рассматривать все многообразие и историю таких аппаратов (см. их краткий обзор в (Смирнов, 2008)), и упомянем только некоторые примеры, связанные с изучением биологии океана.

Телеуправляемые обитаемые подводные аппараты (ТНПА, *англ.* remotely operated vehicle, ROV, отсюда употребляемое иногда название «роверы»), имеют нейтральную плавучесть, собственные движители и управляются дистанционно по кабельной линии. ТНПА широко вошли в мировую практику во второй половине XX века. В институте океанологии им. П. П. Ширшова РАН история разработки и изготовления таких аппаратов начинается с 1960-х годов (Ястребов, 1999; Розман, Римский-Корсаков, 2005).

Возможности современных ТНПА приближаются к возможностям глубоководных обитаемых аппаратов. Гидроакустическая система навигации с ультракороткой базой позволяет вести оперативные определения местоположения аппарата с борта судна. Появление компактных фото- и видеокамер высокого разрешения и совершенствование орудий пробоотбора позволяет оператору проводить с борта судна практически те же операции, которые ранее мог выполнить только квалифицированный пилот обитаемого аппарата.

К преимуществам ТНПА относится их относительная дешевизна и безопасность, так как пилот находится не под водой, а на борту судна. Кроме того, время работы аппарата на дне практически не ограничено: электропитание подается с судна по кабель-тросу. Все это привело к тому, что во многих странах налажено серийное производство ТНПА. Один из них, производства шотландской фирмы «Sub-Atlantic», под названием «Команч» («Comanche 18»), с рабочей глубиной до 6000 м, находится в распоряжении Национального научного центра морской биологии во Владивостоке. Изначально «Команч», как и большинство аппаратов подобного типа, предназначался не для научных исследований, а для чисто прикладных задач – осмотра и мелкого ремонта подводных сооружений и коммуникаций. Для того, чтобы использовать аппарат при исследованиях донных экосистем и сборе научного материала, его пришлось оборудовать целым рядом дополнительных приспособлений. В последние годы с этим аппаратом были исследованы единственные известные в российских территориальных водах гидротермальные сообщества на подводном вулкане Пийпа и фауна районов метановых сипов на Корякском склоне в Беринговом море (Галкин, Виноградов, 2019; Галкин и др., 2019; Rybakova et al., 2022, 2023), в том числе во время этих работ с помощью манипуляторов аппарата были собраны представительные коллекции донной фауны, а также получен большой массив высококачественных фотографий донных сообществ (рисунок 7). Предпринимались и попытки исследовать с помощью «Команча» сообщества толщи воды, показавшие, что такие наблюдения намного менее эффективны, чем прямой подсчет планктона из ГОА (Виноградов, 2019).

ТНПА используются не только в большом океане. С конца 1990-х годов развитие микропроцессорной техники дало толчок к развитию линейки малогабаритных, не требующих судна-носителя, ТНПА. К ним, в частности, относятся разработанные в ИО РАН ТНПА серии «Гном» (Розман, Римский-Корсаков, 2005). Малогабаритные ТНПА используются для мелководных работ, в первую очередь технических, осмотровых и поисковых, но и научных тоже (Мокиевский и др., 2005).

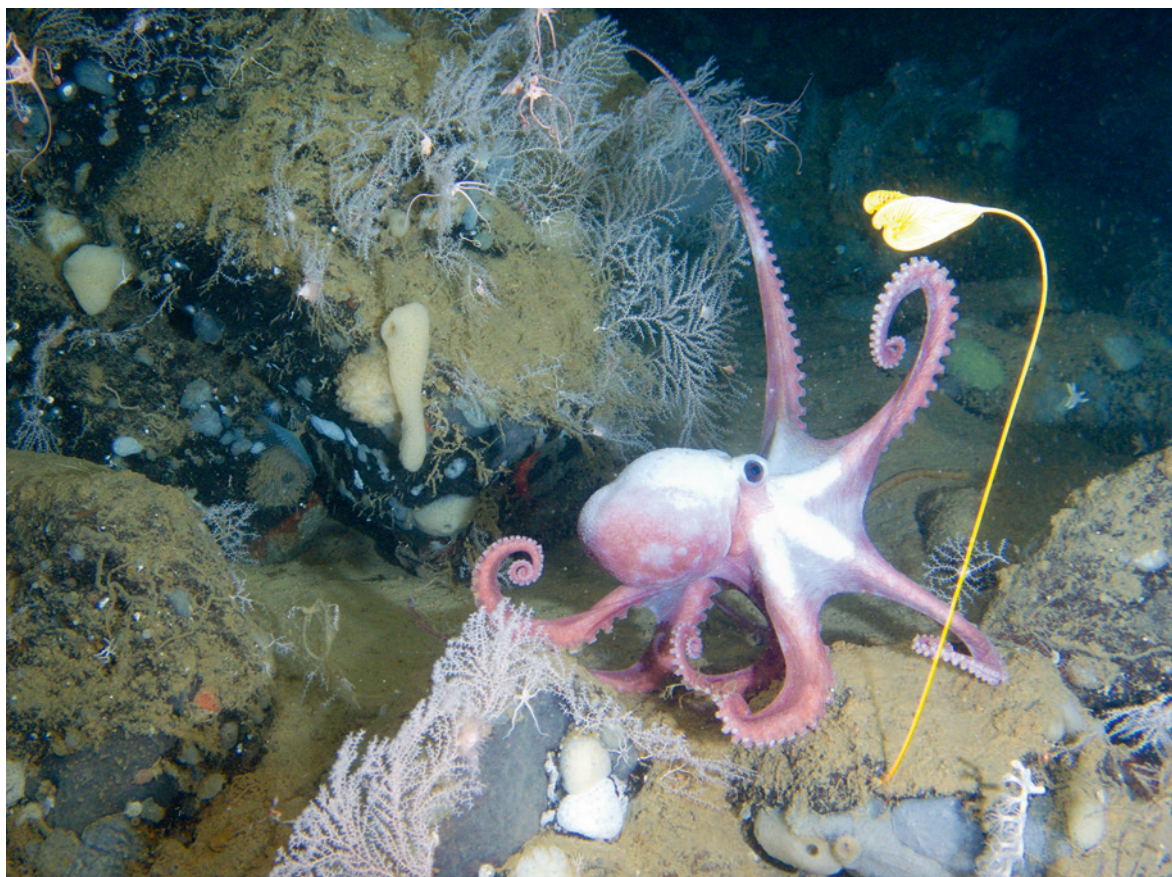


Рис. 7 – Осьминог *Muusoctopus profundorum* и морская лилия *Ptilocrinus pinnatus* на склоне вулкана Пийпа: фото с ТНПА «Команч», глубина 2486 м, 27.06 2016. Фотография предоставлена Национальным научным центром морской биологии ДВО РАН

Еще со времен работ с ГОА стало понятно, что результаты прямых наблюдений донной фауны значительно пополняют и уточняют результаты траловых сборов, проведенных в той же точке (Галкин и др., 2002), и такие комплексные исследования имеют особую ценность. С появлением недорогих доступных ТНПА комплексные исследования с их использованием (особенно на не самых больших глубинах) начинают становиться научной рутинной (Агунович и др., 2024).

Но при всех своих преимуществах ТНПА имеют и существенные недостатки. Работа с ними на больших глубинах океана весьма сложна и требует согласованных действий научной группы и всего экипажа судна-носителя. Рассмотрим для примера спуск «Команча». Вначале с борта судна краном опускают сам аппарат. Затем с кормовой П-рамы на стальном кабель-тросе опускают металлическую раму-депрессор, с которой аппарат связан гибким кабелем, имеющим нулевую плавучесть. Депрессор гасит качку (ее амплитуда достигает нескольких метров). Длина гибкого кабеля составляет около 100 м – на такое расстояние аппарат может удаляться от депрессора. Получается довольно короткий «поводок», и для того чтобы «Команч» двигался по заданному маршруту, судно-носитель должно перемещаться строго с той же скоростью и в том же направлении. Добиться установленной цели при сильном ветре и волнении

оказывается достаточно сложной задачей. Случалось, что оператору удавалось вывести «Команч» на нужную позицию, но тут депрессор смещался, и аппарат безнадежно утаскивало в сторону... Да и телекамеры, при всем своем совершенстве, не всегда способны заменить человеческий глаз.

Что же касается глубоководных буксируемых платформ, то следует иметь в виду, что важнейшее их назначение – это поисковые цели, а далее, по результатам поиска, возможна детализация исследований найденных аномальных районов с помощью обитаемых аппаратов либо ТНПА. Ярким примером этого служит открытие гидротермальных источников на дне океана, когда спуски ГОА «Алвин» в районе Галапагосского рифта сопровождалась постоянными проходами буксируемого аппарата «Ангус», принесшего около 70 000 цветных фотографий океанского дна (Corliss et al., 1979). В дальнейшем комплексное использование буксируемых платформ, дающих первичный обзор исследуемого района, и ГОА, проводящих основные исследования, прочно вошло в практику глубоководных экспедиций.

Однако роль глубоководных буксируемых платформ этим не исчерпывается, и они способны работать так же и самостоятельно. Снабженные теле- и фотокамерами и гидроакустическими комплексами, позволяющими просматривать панорамы морского дна, буксируемые платформы использовались в первую очередь для геологических и подводно-технических работ. Однако в конце 80-х годов XX века в ИО АН была попытка преобразовать буксируемый аппарат «Звук-Гео» под биологические нужды, для чего, в дополнение к набору теле- и фотокамер, он был снабжен двумя небольшими, с площадью входного отверстия 0.12 м², замыкающимися планктонными сетями, позволявшими проводить горизонтальные ловы в придонном слое (Бирюков и др., 1990). Работы с модифицированным «Звуком» проводились в 1988 г. в 17-м рейсе «нового» «Витязя» в Мозамбикском проливе и на банках Сая-де-Малья и Уолтерс в Индийском океане. Были проведены серии получасовых и часовых горизонтальных планктонных ловов на расстоянии 30 и 2 м от дна, нижние проходы «Звука» сопровождалась осмотром дна с помощью телекамеры. В результате были получены достаточно неожиданные результаты, косвенно свидетельствующие о том, что на расстоянии первых метров от дна планктонные животные могут интенсивно выедаться донными хищниками (Рудяков и др., 1990), а также собраны коллекции бентопелагических организмов из труднодоступного для большинства орудий лова придонного слоя воды (Vinogradov, 2004).

Однако обычно работы с буксируемыми платформами проводятся без отбора проб, и главным их результатом оказываются детальные фотографии морского дна. Дальнейший анализ таких фотографий позволяет как получить общую картину состава и распределения макро- и мегафауны изучаемых биотопов (Рубакова et al., 2013), так и проследить распределение отдельных видов подвижного мегабентоса, способных достаточно успешно избегать заборных орудий лова (например, применение буксируемой платформы «Видеомодуль» (Пронин, 2017) для изучения популяционной структуры краба-вселенца *Chionoecetes opilio* в Карском море в 66, 69 и 81-м рейсах НИС «Академик Мстислав Келдыш» в 2016–2020 гг.

(Галкин и др., 2021)). Разумеется, проведение подобных исследований возможно только на объектах, имеющих достаточно крупные размеры и не зарывающихся в грунт.

Кроме буксируемых платформ и ТНПА развитие получили и автономные необитаемые подводные аппараты (АНПА), уже способные погружаться на максимальные глубины океана. АНПА напоминают «буксируемую платформу без троса»: они идут над дном по заданному маршруту, производя фото- и видеосъемку и другие дистантные измерения, позволяющие описать рельеф и макрофауну (Боровик и др., 2022; Бабаев и др., 2022). Отсутствие связующего аппарат с судном троса позволяет избежать многих упомянутых выше трудностей, присущих работам с ТНПА. Однако данный метод имеет и ряд недостатков, связанных, прежде всего, со сложностью таксономического определения видов по фотографиям, тем более, что возможностью сбора образцов АНПА не обладает. Еще одним недостатком АНПА оказывается отсутствие поступления от аппарата информации в реальном времени, что усложняет контроль за процессом сбора информации.

Бурное развитие ТНПА пришлось на последние десятилетия XX века, и тогда же появились идеи, что они предназначены вытеснить «устаревшие» ГОА. Однако время все расставило по местам, и сейчас преобладает точка зрения, что необходимо развивать оба направления. Так что обитаемые аппараты, хотя и потесненные с появлением современных необитаемых средств, все же своих позиций не сдают. Более того, в последние годы в мире отмечается явный их ренессанс. Уже в июле 2020 г. завершил свой очередной апгрейд «Алвин», способный отныне погружаться до 6500 м. Сделали свои ГОА китайцы, и 10.11.2020 китайский ГОА «Фендуже» (“奋斗者”) повторил достижение «Триеста», погрузившись в Марианскую впадину на глубину 10 909 м. Это именно «классические» исследовательские ГОА, а были еще и полуспортивные ультраабиссальные “Deepsea Challenger” Джеймса Камерона и “Limiting Factor” Виктора Весково (однако, эти аппараты провели и ряд научных наблюдений (Gallo et al., 2015; Jamieson et al., 2020)). Эпоха обитаемых аппаратов отнюдь не завершена. И, будем надеяться, они еще позволят нам узнать немало нового о жизни в океане.

Настоящая статья представляет собой значительно расширенную версию пленарного доклада, прочитанного на XVIII международной научно-технической конференции «Современные методы и средства океанологических исследований МСОИ-2023» (Виноградов, Галкин, 2023).

Благодарности. Статья подготовлена в рамках госзадания № FMWE-2024-0022.

Список литературы

1. Агунович К. К., Вержбицкий В. В., Ларшин Б. Б., Росинская А. Е., Тайманова О. И., Чижов Ю. Д., Шапсюк М. С., Жадан А. Э., Кокорин А. И., Михлина А. Л., Мокиевский В. О., Цетлин А. Б. Систематические исследования Белого моря: 100 лет спустя // Труды XII международной научно-практической конференции «Морские исследования и образование» MARESEDU-2023. Тверь: ПолиПРЕСС, 2024. Т. 3. С. 562–569. Доступно на: <https://istina.msu.ru/collections/635568653/>.
2. Ажажа В. «Северянка» уходит в океан. М.: Географгиз, 1961. 112 с.
3. Ажажа В. Г., Соколов О. А. Подводная лодка в научном поиске (семь рейсов «Северянки»). М.: Наука, 1966. 109 с.
4. Арманд Д. Л. Наука о ландшафте: основы теории и логико-математические методы. М.: Мысль, 1975. 286 с.
5. Бабаев Р. А., Боровик А. И., Ваулин Ю. В., Елисеенко Г. Д., Михайлов Д. Н., Найдено Н. А. Применение АНПА «ММТ-3500» для научных исследований в атлантическом секторе Антарктики // Подводные исследования и робототехника. 2022. № 3 (41). С. 15–32.
6. Батисфера. В кн.: Большая советская энциклопедия: В 30 т. / Гл. ред. А. М. Прохоров. Издание 3-е. Т. 3 (Бари – Браслет). М.: Советская энциклопедия, 1970. С. 41.
7. Беляев Г. М. Глубоководные океанические желоба и их фауна. М.: Наука, 1989. 255 с.
8. Беляев Г. М., Бириштейн Я. А., Богоров В. Г., Виноградова Н. Г., Виноградов М. Е., Зенкевич Л. А. О схеме вертикальной биологической зональности океана // Доклады АН СССР. 1959. Т. 129. № 3. С. 658–661.
9. Берг Л. С. Географические зоны Советского Союза. 3-е изд. М.: Гос. изд-во геогр. лит-ры, 1947. 398 с.
10. Биб В. В глубинах океана: спуск на батисфере на глубину 923 метров. М.-Л.: Гос. изд. биол. и мед. литер., 1936. 98 с.
11. Бирюков С. Г., Маряткин В. Н., Матвеев А. С., Попов В. А., Рудяков Ю. А. Опыт применения буксируемого подводного аппарата «Звук» для исследования придонного планктона // Океанология. 1990. Т. 30. № 1. С. 152–156.
12. Боровик А. И., Рыбакова Е. И., Галкин С. В., Михайлов Д. Н., Коноплин А. Ю. Опыт использования автономного необитаемого подводного аппарата «ММТ-3000» для исследований бентосных сообществ Антарктики // Океанология. 2022. Т. 62. № 5. С. 811–824.
13. Виноградов Г. М. Сравнение возможностей подсчета мезо- и макропланктона в столбе воды при погружениях телеуправляемого и обитаемых подводных аппаратов // Современные методы и средства океанологических исследований (МСОИ-2019). Материалы XVI всероссийской научно-технической конференции. Т. 2. М.: ИД «Академия Жуковского», 2019. С. 272–275.
14. Виноградов Г. М., Верещака А. Л., Алейник Д. Л. Распределение зоопланктона над гидротермальными полями Срединно-Атлантического хребта // Океанология. 2003. Т. 43. № 5. С. 696–709.
15. Виноградов Г. М., Верещака А. Л., Мусаева Э. И., Дьяконов В. Ю. Вертикальное распределение зоопланктона над абиссальной равниной Поркьюпайн (северо-восточная Атлантика) летом 2002 г. // Океанология. 2003а. Т. 43. № 4. С. 543–554.
16. Виноградов Г. М., Галкин С. В. «Глаза» и «руки» под водой: от первой батисферы до автономных модулей // Современные методы и средства океанологических исследований (МСОИ-2023). Материалы XVIII международной научно-технической конференции. Т. 1. М.: Институт океанологии им. П. П. Ширшова РАН, 2023. С. 224–227.

17. *Виноградов М. Е.* Роль «пиковых ситуаций» в развитии планктонных сообществ. В кн.: А. Л. Верещака (ред.). *Океанология на старте XXI века*. М.: Наука, 2008. С. 319–331.
18. *Виноградов М. Е., Чиндонова Ю. Г.* Заметки о вертикальной зональности пелагической фауны (по прямым наблюдениям из ГОА «Мир») // *Труды ИО РАН*. 1994. Т. 131. С. 64–75.
19. *Виноградов М. Е., Шушкина Э. А.* Оценка концентрации черноморских медуз, гребневиков и калянуса по наблюдениям из подводного аппарата «Аргус» // *Океанология*. 1982. Т. 22. № 3. С. 473–479.
20. *Виноградов М. Е., Шушкина Э. А.* Особенности вертикального распределения зоопланктона в Северной Пацифике по количественным оценкам из глубоководных обитаемых аппаратов (ГОА) «Мир» // *Труды ИО РАН*. 1994. Т. 131. С. 41–63.
21. *Виноградов М. Е., Верещака А. Л., Виноградов Г. М.* Исследования планктона столба воды и придонного слоя: методические аспекты и материал. В кн.: М. Е. Виноградов и А. Л. Верещака (ред.). *Экосистемы атлантических гидротерм*. М.: Наука, 2006. С. 205–217.
22. *Виноградов М. Е., Шушкина Э. А., Горбунов А. Е., Шашков Н. Л.* Вертикальное распределение макро- и мезопланктона в районе Коста-Риканского купола // *Океанология*. 1991. Т. 31. № 5. С. 759–769.
23. *Виноградова Н. Г.* Большой лик Океана // *Природа*. 1976. № 11 (735). С. 94–105.
24. *Галкин С. В., Виноградов Г. М.* Видим дно! // *Природа*. 2019. № 6 (1246). С. 16–22.
25. *Галкин С. В., Залота А. К., Удалов А. А., Пронин А. А.* Оценка плотности популяций крабавселенца *Chionoecetes opilio* в Карском море с использованием БНПА «Видеомодуль» // *Современные методы и средства океанологических исследований (МСОИ-2021)*. Материалы XVII международной научно-технической конференции. Т. 2. М.: Институт океанологии им. П. П. Ширшова РАН, 2021. С. 207–210.
26. *Галкин С. В., Москалев Л. И., Багиров Н. Э., Виноградов Г. М.* Влияние корпуса «Титаника» на состав и распределение донной фауны // *Океанологические исследования фронтальной зоны Гольфстрима: полигон «Титаник»*. М.: Наука, 2002. С. 128–133.
27. *Галкин С. В., Рыбакова Е. И., Виноградов Г. М.* Донная фауна склона Берингова моря: результаты исследований с телеуправляемым аппаратом «Команч» // *Современные методы и средства океанологических исследований (МСОИ-2019)*. Материалы XVI всероссийской научно-технической конференции. Т. 2. М.: ИД «Академия Жуковского», 2019. С. 269–271.
28. *Галкин С. В., Сагалевиц А. М.* Гидротермальные экосистемы Мирового океана: исследования с глубоководных обитаемых аппаратов «Мир». М.: ГЕОС, 2012. 144 с.
29. *Диомидов М. Н., Дмитриев А. Н.* *Покорение глубин*. 2-е изд. Л.: Судостроение, 1964. 384 с.
30. *Ефремов И. А.* Атолл Факаофо. В кн.: И. А. Ефремов. *Встреча над Тускаророй*. М.–Л.: Военмориздат, 1944. С. 3–41.
31. *Зенкевич Л.* Условия жизни в океане. В кн.: В. Биб. *В глубинах океана: спуск на батисфере на глубину 923 метров*. М.–Л.: Гос. Изд. биол. и мед. литературы, 1936. С. 71–93.
32. *Зенкевич Н. Л.* Фотокамеры для съемки дна на больших глубинах // *Труды ИО АН СССР*. 1960. Т. 44. С. 66–80.
33. *Зенкевич Н. Л.* *Атлас фотографий дна Тихого океана*. М.: Наука, 1970. 205 с.
34. *Королев А. Б.* Штурм гидрокосмоса (от «снаряда ЭПРОН» до «Руси»). М.: printLETO, 2011. 192 с.
35. *Ломоносов М. В.* Ода, выбранная из Иова, главы 38, 39, 40 и 41 // М. В. Ломоносов. *Избранные произведения*. Л.: Советский писатель, 1986. С. 200–203.
36. *Мокиевский В. О., Розман Б. Я., Цетлин А. Б.* Использование телеуправляемого аппарата ГНОМ в гидробиологических исследованиях // IX Международная научно-техническая конференция «Современные методы и средства океанологических исследований».

- Материалы конференции. М.: Институт океанологии им. П. П. Ширшова РАН, 2005. Т. 1. С. 140–144.
37. *Москалев Л. И.* Мэтры глубин. Человек познает глубины Океана. От парусно-парового корвета «Челленджер» до глубоководных обитаемых аппаратов. М.: Т-во научн. изд. КМК, 2005. 249 с.
 38. Океанологические исследования и подводно-технические работы на месте гибели атомной подводной лодки «Комсомолец» / М. Е. Виноградов, А. М. Сагалевич и С. В. Хетагуров (ред.). М.: Наука, 1996. 362 с.
 39. Океанологические исследования фронтальной зоны Гольфстрима: полигон «Титаник» / А. М. Сагалевич, Ю. А. Богданов и М. Е. Виноградов (ред.). М.: Наука, 2002. 286 с.
 40. *Пиккар Ж., Дитц Р. С.* Глубина – семь миль. М.: Изд-во иностр. лит., 1963. 237 с.
 41. *Подражанский А. М.* Вижу дно Байкала! Л.: Гидрометеиздат, 1982. 152 с.
 42. *Пронин А. А.* Методика сбора и представления материалов видеосъемки дна с помощью необитаемого подводного аппарата «Видеомодуль» // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований, 2017. № 12. С. 142–147.
 43. *Розман Б. Я., Римский-Корсаков Н. А.* Телеуправляемые подводные аппараты ИО РАН // IX Международная научно-техническая конференция «Современные методы и средства океанологических исследований». Материалы конференции. М.: Институт океанологии им. П. П. Ширшова РАН, 2005. Т. 1. С. 46–56.
 44. *Рудяков Ю. А., Верещака А. Л., Виноградов Г. М., Гептнер М. В.* Биомасса сестона в придонных слоях юго-западной части Индийского океана // Океанология. 1990. Т. 30. № 1. С. 114–120.
 45. *Рутенберг Е.* Техника научно-исследовательских работ под водой. В кн.: В. Биб. В глубинах океана: спуск на батисфере на глубину 923 метров. М.-Л.: Гос. Изд. биол. и мед. литературы, 1936. С. 94–98.
 46. *Сагалевич А. М.* Океанология и подводные обитаемые аппараты: методы исследований. М.: Наука, 1987. 256 с.
 47. *Сагалевич А. М.* Подводные обитаемые аппараты и научные исследования с их применением / М. Е. Виноградов, С. С. Лаппо (ред.). Институт океанологии им. П. П. Ширшова: полвека изучения Мирового океана. М.: Наука, 1999. С. 203–212.
 48. *Сагалевич А. М.* Глубина. М.: Научный мир, 2002. 320 с.
 49. *Сагалевич А. М., Галкин С. В.* Жизнь затонувших кораблей // Природа. 2002. № 2 (1038). С. 54–61.
 50. *Смирнов Г. В.* Современные средства и методы океанологических исследований // А. Л. Верещака (ред.). Океанология на старте XXI века. М.: Наука, 2008. С. 449–474.
 51. Сорок рейсов «Витязь»: [диафильм] / Авт. В. И. Кукса; конс. В. Г. Богоров; худож.-оформ. Ж. И. Вишневецкая; ред. Н. Г. Бабкина. М.: Диафильм, 1968. 1 дф. (52 кд.), в кор., ч/б. Д-155-68. Доступен на <https://nebdeti.ru/nedb-item?id=5b384898-c6a8-4459-ae9e-427648434112>.
 52. *Уо Ж.* Двадцать лет в батискафе. Л.: Гидрометеиздат, 1976. 176 с.
 53. *Шехватов Б. В.* НИС «Витязь» – новые методы и техника исследования океана. В кн.: Научно-исследовательское судно «Витязь» и его экспедиции 1949–1979 гг. М.: Наука, 1983. С. 28–49.
 54. Экосистемы атлантических гидротерм / М. Е. Виноградов, А. Л. Верещака (ред.). М.: Наука, 2006. 348 с.
 55. *Ястребов В. С.* Подводные аппараты / М. Е. Виноградов, С. С. Лаппо (ред.). Институт океанологии им. П. П. Ширшова: полвека изучения Мирового океана. М.: Наука, 1999. С. 190–202.

56. [Anonym]. Wants to rise the Victoria // The Omaha Daily Bee (newspaper). Omaha, Nebraska, USA. July 24, 1893. P. 2. Available online: https://tile.loc.gov/storage-services/service/ndnp/mbu/batch_mbu_alliance_ver01/data/sn99021999/00206538892/1893072401/0690.pdf.
57. Barham E. G. Siphonophores and the Deep Scattering Layer // Science. 1963. Vol. 140. No. 3568. P. 826–828.
58. Barham E. G. Deep scattering layer migration and composition: observations from a diving saucer // Science. 1966. Vol. 151. No. 3716. P. 1399–1403.
59. Beebe W. A half mile down: strange creatures, beautiful and grotesque as figments of fancy, reveal themselves at windows of the bathysphere // National Geographic. 1934. Vol. 66. No. 6. P. 661–704.
60. Corliss J. B., Dymond J., Gordon L. I., Edmond J. M., von Herzen R. P., Ballard R. D., Green K., Williams D., Bainbridge A., Crane K., van Ande T. H. Submarine thermal springs on the Galápagos Rift // Science. 1979. Vol. 203. No. 4385. P. 1073–1083.
61. Deane R. Underwater photography // Hannavy J. [Ed.]. Encyclopedia of Nineteenth-Century photography. New York, London: Routledge, 2013. P. 1416–1417.
62. Desbruyères D., Segonzac M., Bright M. [Eds.] Handbook of deep-sea hydrothermal vent fauna. Second completely revised edition // Denisia. 2006. Vol. 18. P. 1–544.
63. Elkays R. Louis Boutan et la photographie sous-marine (1886–1900) // Focales [en ligne]. 2021. No. 5. 2021. Édition électronique, mis en ligne le 01 juin 2021. Disponible depuis <http://journals.openedition.org/focales/445> (consulté le 2024-04-10). <https://doi.org/10.4000/focales.445>.
64. Ewing M., Vine A., Worzel J. L. Photography of the ocean bottom // Journal of the Optical Society of America. 1946. Vol. 36. No. 6. P. 307–321.
65. Galkin S. V., Vinogradov G. M. and the “Mir” submersibles team. Russian biological studies using Mir submersibles at North Atlantic and East Pacific hydrothermal sites // InterRidge News. 2004. Vol. 13. P. 27–33.
66. Gallo N. D., Cameron J., Hardy K., Fryer P., Bartlett D. H., Levin L. A. Submersible- and lander-observed community patterns in the Mariana and New Britain trenches: Influence of productivity and depth on epibenthic and scavenging communities // Deep-Sea Research. I. 2015. Vol. 99. P. 119–133.
67. Gebruk A. V., Krylova E. M., Lein A. Y., Vinogradov G. M., Anderson E., Pimenov N. V., Cherkashev G. A., Crane K. Methane seep community of the Håkon Mosby mud volcano (the Norwegian Sea): composition and trophic aspects // Sarsia. 2003. Vol. 88. No. 6. P. 394–403.
68. Guichard P. La photographie sous-marine: étude sur l'état actuel de la question et sur les difficultés qu'elle présente. Paris: Charles Mendel, 1899. 69 p.
69. Houot G. Vingt ans de bathyscaphe. Paris: Éditions Arthaud, 1972. 272 p.
70. Ivanoff A. Progrès récents de la photographie sous-marine // La Nature. 1953. No. 3221. P. 257–261.
71. Jamieson A. J., Linley T. D., Stewart H. A., Nargeolet P.-H., Vescovo V. Revisiting the 1964 Archimède bathyscaphe dive to 7300 m in the Puerto Rico trench, abundance of an elaspodid holothurian *Peniagone* sp. and a resolution to the identity of the ‘Puerto Rican snailfish’ // Deep-Sea Research. I. 2020. Vol. 162. Art. 103336. 8 p.
72. Jamieson A. J., Yancey P. H. On the validity of the Trieste flatfish: dispelling the myth // Biol. Bull. 2012. Vol. 222. No. 3. P. 171–175.
73. Laval P., Braconnot J.-C., Carré C., Goy J., Morand P., Mills C. E. Small-scale distribution of macroplankton and micronekton in the Ligurian Sea (Mediterranean Sea) as observed from the manned submersible Cyana // J. Plankt. Res. 1989. Vol. 11. No. 4. P. 665–685.
74. Mackie G. O. Midwater macroplankton of British Columbia studied by submersible PISCES IV // J. Plankt. Res. 1985. Vol. 7. No. 6. P. 753–777.

75. Myers G. C. (as “redtreetimes”). Louis Boutan and the world under water // Redtree Times. 2023. Electronic resource. Available from <https://redtreetimes.com/2013/02/21/louis-boutan-and-the-world-under-water/> (accessed 2024-04-10).
76. Pérès J.-M. Aperçu sur les résultats de deux plongées effectuées dans le ravin de Puerto-Rico par le bathyscaphe *Archimède* // Deep-sea Research. 1965. Vol. 12. P. 883–891.
77. Piccard J., Abercrombie J. Man’s deepest dive // National Geographic. 1960. Vol. 118. No. 2. P. 224–239. Available online: <https://deepseachallenge.com/the-team/1960-dive/>.
78. Piccard J., Dietz R. S. Seven miles down. The story of the bathyscaph “Trieste”. New York: Putnam, 1961. 249 p.
79. Rybakova (Goroslavskaya) E., Galkin S., Bergmann M., Soltwedel T., Gebruk A. Density and distribution of megafauna at the Håkon Mosby mud volcano (the Barents Sea) based on image analysis // Biogeosciences. 2013. Vol. 10. P. 3359–3374.
80. Rybakova E., Krylova E., Mordukhovich V., Galkin S., Alalykina I., Smirnov I., Sanamyan N., Nekhaev I., Vinogradov G., Shilov V., Prudkovsky A., Kolpakov E., Gebruk A., Adrianov A. Methane seep communities on the Koryak slope in the Bering Sea // Deep-Sea Res. II. 2022. Vol. 206. Art. 105203. 21 p.
81. Rybakova E., Krylova E., Mordukhovich V., Galkin S., Alalykina I., Sanamyan N., Nekhaev I., Vinogradov G., Shilov V., Pakhnevich A., Gebruk A., Adrianov A. Mega- and macrofauna of the hydrothermally active submarine Piip Volcano (the southwestern Bering Sea) // Deep-Sea Res. II. 2023. Vol. 208. Art. 105268. 19 p.
82. Vereshchaka A. L., Vinogradov G. M. Visual observations of the vertical distribution of plankton throughout the water column above Broken Spur vent field, Mid-Atlantic Ridge // Deep-Sea Res. I. 1999. Vol. 46. No. 9. P. 1615–1632.
83. Vinogradov G. M. Near-bottom and pelagic gammaridean amphipods in the western Indian Ocean // Ann. South Afr. Mus. 2004. Vol. 112. No. 3. P. 39–88.
84. Vinogradov G. M. Vertical distribution of macroplankton at the Charlie-Gibbs Fracture Zone (North Atlantic), as observed from the manned submersible “Mir-1” // Marine Biology. 2005. Vol. 146. No. 2. P. 325–331.
85. Vinogradova N. G. Zoogeography of the abyssal and hadal zones // Advances in Marine Biology. 1997. Vol. 32. P. 326–387.
86. Wolff T. The deepest recorded fishes // Nature. 1961. Vol. 190. No. 4772. P. 283.
87. Yancey P. H., Gerring M. E., Drazen J. C., Rowden A. A., Jamieson A. Marine fish may be biochemically constrained from inhabiting the deepest ocean depths // Proc. Nat. Ac. Sci., 2014. Vol. 111. No. 12. P. 4461–4465.
88. Zezina O. N. Biogeography of the bathyal zone // Advances in Marine Biology. 1997. Vol. 32. P. 389–426.

Статья поступила в редакцию 03.07.2024, одобрена к печати 18.08.2024.

Для цитирования: Виноградов Г. М., Галкин С. В. Увидеть дно: от первой батисферы до автономных модулей // Океанологические исследования. 2024. № 52 (3). С. 160–184. [https://doi.org/10.29006/1564-2291.JOR-2024.52\(3\).10](https://doi.org/10.29006/1564-2291.JOR-2024.52(3).10).

TO SEE THE BOTTOM: FROM THE FIRST BATHYSPHERE TO AUTONOMOUS MODULES

G. M. Vinogradov, S. V. Galkin

*Shirshov Institute of Oceanology, Russian Academy of Sciences,
36, Nakhimovskiy prospekt, Moscow, 117997, Russia,
e-mail: egor@ocean.ru; galkin@ocean.ru*

The history of deep-sea vehicles that allow a man to conduct observations and perform manipulations in the ocean is considered.

Keywords: bathysphere, bathyscaphe, underwater vehicles, “point” objects, direct observations

Acknowledgments: The article was prepared within the framework of state assignment No. FMWE-2024-0022.

References

1. Agunovich, K. K., V. V. Verzhbitskii, B. B. Larshin., A. E. Rosinskaya, O. I. Taimanova, Yu. D. Hizhov, M. S. Shapsyuk, A. E. Zhadan, A. I. Kokorin, A. L. Mikhlina, V. O. Mokievskii, and A. B. Tsetlin, 2024: Sistematische issledovaniya Belogo morya: 100 let spustya (Systematic research of the White Sea: 100 years later). *XII International conference “Marine Research and Education” MARESEDU-2023. Conference proceedings, Tver’*, PoliPRESS, **3**, 562–569, Access: <https://istina.msu.ru/collections/635568653/>.
2. [Anonym], 1893: Wants to rise the Victoria. *The Omaha Daily Bee* (newspaper). Omaha, Nebraska, USA, July 24, P. 2. Available online: https://tile.loc.gov/storage-services/service/ndnp/nbu/batch_nbu_alliance_ver01/data/sn99021999/00206538892/1893072401/0690.pdf.
3. Armand, D. L., 1975: *Nauka o landshafte: osnovy teorii i logiko-matematicheskie metody (Landscape Science: fundamentals of theory and logical-mathematical methods)*. Moscow, Mysl’, 286 p.
4. Azhazha, V., 1961: “Severyanka” ukhodit v ocean (*The “Severyanka” goes into the ocean*). Moscow, Geografiz, 112 p.
5. Azhazha, V. G. and O. A. Sokolov, 1966: *Podvodnaya lodka v nauchnom poiske (sem’ reisov “Severyanki”)* (*Submarine in scientific research (seven cruises of the “Severyanka”)*). Moscow, Nauka, 109 p.
6. Babaev, R. A., A. I. Borovik, Yu. V. Vaulin, G. D. Eliseenko, D. N. Mikhailov, and N. A. Naidenko, 2022: Primenenie ANPA “MMT-3500” dlya nauchnykh issledovaniy v atlanticheskom sektore Antarktiki (Application of AUV “MMT-3500” for scientific research in the Atlantic sector of the Antarctic). *Podvodnye issledovaniya i robototekhnika*, **3** (41), 15–32.
7. Barham, E. G., 1963: Siphonophores and the Deep Scattering Layer. *Science*, **140** (3568), 826–828.
8. Barham, E. G., 1966: Deep scattering layer migration and composition: observations from a diving saucer. *Science*, **151** (3716), 1399–1403.
9. Batisfera (Bathysphere), 1970: *Bol’shaya sovetskaya entsiklopediya v 30 t. Izdanie 3-e. Vol. 3* (Bari – Braslet). Moscow, Sovetskaya entsiklopediya, 41.

10. Beebe, W., 1934: A half mile down: strange creatures, beautiful and grotesque as figments of fancy, reveal themselves at windows of the bathysphere. *National Geographic*, **66** (6), 661–704.
11. Beebe, W., 1936: *V glubinakh okeana: spusk na batisfere na glubinu 923 metrov (In the depths of the ocean: a descent in a bathysphere to a depth of 923 meters)*. Moscow, Leningrad, Gosudarstvennoe izdatel'stvo biologicheskoi i meditsinskoi literatury, 98 p.
12. Belyaev, G. M., 1989: *Glubokovodnye okeanicheskie zheloba i ikh fauna (Deep-sea ocean trenches and its fauna)*. Moscow, Nauka, 255 p.
13. Belyaev, G. M., Ya. A. Birshtein, V. G. Bogorov, N. G. Vinogradova, M. E. Vinogradov., and L. A. Zenkevich, 1959: O skheme vertikal'noi biologicheskoi zonal'nosti okeana (On a scheme of vertical biological zonation of the Ocean). *Doklady Akademii Nauk SSSR*, **129** (3), 658–661.
14. Berg, L. S., 1947: *Geograficheskie zony Sovetskogo Soyuz (Geographical zones of the Soviet Union)*. Moscow, Gosudarstvennoe izdatel'stvo geograficheskoi literatury, 398 p.
15. Biryukov, S. G., V. N. Maryatkin, A. S. Matveev, V. A. Popov, and Yu. A. Rudyakov, 1990: Opyt primeneniya buksiruемого подводного аппарата “Zvuk” dlya issledovaniya pridonного planktona (Experience of usage of towed underwater apparatus “Sound” for study of near-bottom plankton). *Oceanology*, **30** (1), 152–156.
16. Borovik, A. I., E. I. Rybakova, S. V. Galkin, D. N. Mikhailov, and A. Yu. Konoplin, 2022: Opyt ispol'zovaniya avtonomного neobitaемого подводного аппарата “MMT-3000” dlya issledovaniy bentosnykh soobshchestv Antarktiki (Experience of using the Autonomous Uninhabited Underwater Vehicle (AUV) MMT-3000 for research of benthic communities in Antarctica). *Oceanology*, **62** (5), 811–824.
17. Corliss, J. B., J. Dymond, L. I. Gordon, J. M. Edmond, R. P. von Herzen, R. D. Ballard, K. Green, D. Williams, A. Bainbridge, K. Crane, and T. H. van Ande, 1979: Submarine thermal springs on the Galápagos Rift. *Science*, **203** (4385), 1073–1083.
18. Deane, R., 2013: Underwater photography. *Encyclopedia of Nineteenth-Century photography*, New York, London, Routledge, 1416–1417.
19. Desbruyères, D., M. Segonzac, and M. Bright [Eds.], 2006: Handbook of deep-sea hydrothermal vent fauna. Second completely revised edition. *Denisia*, **18**, 1–544.
20. Diomidov, M. N. and A. N. Dmitriev, 1964: *Pokorenie glubin (Conquering of the Depths)*. Leningrad, Sudostroenie, 384 p.
21. Efremov, I. A., 1944: Atoll Fakaofu (The Fakaofu Atoll). *I. A. Efremov. Vstrecha nad Tuskaroroi*, Moscow, Leningrad, Voenmorizdat, 3–41.
22. *Ekosistemy atlanticheskikh gidroterm (Ecosystems of the Atlantic hydrothermal vents)*, 2006: Moscow, Nauka, 348 p.
23. Elkays, R., 2021: Louis Boutan et la photographie sous-marine (1886–1900). *Focales [en ligne]*. No. 5, Édition électronique, mis en ligne le 01 juin 2021. Disponible depuis <http://journals.openedition.org/focales/445> (consulté le 2024-04-10). <https://doi.org/10.4000/focales.445>.
24. Ewing, M., A. Vine, and J. L. Worzel, 1946: Photography of the ocean bottom. *Journal of the Optical Society of America*, **36** (6), 307–321.
25. Galkin, S. V., L. I. Moskalev, N. E. Bagirov, and G. M. Vinogradov, 2002: Vliyanie korpusa “Titanika” na sostav i raspredelenie donnoi fauny (The effect of the hard body of “Titanic” to the composition and distribution of the bottom fauna). *Okeanologicheskie issledovaniya frontal'noi zony Gol'fstrima: poligon “Titanik”*, Moscow, Nauka, 128–133.
26. Galkin, S. V., E. I. Rybakova, and G. M. Vinogradov, 2019: Donnaya fauna sklona Beringova morya: rezul'taty issledovaniy s teleupravlyaemym apparatom “Komanch” (Bottom fauna of the Bering Sea Slope: results of research with the remotely operated vehicle “Comanche”). *Sovremennye metody i sredstva okeanologicheskikh issledovaniy (MSOI-2019). Materialy*

- XVI vserossiiskoi nauchno-tekhnicheskoi konferentsii*. Vol. 2, Moscow, ID “Akademiya Zhukovskogo”, 269–271.
27. Galkin, S. V. and A. M. Sagalevich, 2012: *Gidrotermal'nye ekosistemy Mirovogo okeana: issledovaniya s glubokovodnykh obitaemykh apparatov “Mir” (Hydrothermal vent ecosystems of the World Ocean: investigations with deep-sea manned submersibles “Mir”)*. Moscow, GEOS, 144 p.
 28. Galkin, S. V. and G. M. Vinogradov, 2019: Vidim dno! (We see the bottom!). *Priroda*, **6** (1246), 16–22.
 29. Galkin, S. V., G. M. Vinogradov, and the “Mir” submersibles team, 2004: Russian biological studies using Mir submersibles at North Atlantic and East Pacific hydrothermal sites. *InterRidge News*, **13**, 27–33.
 30. Galkin, S. V., A. K. Zalota, A. A. Udalov, and A. A. Pronin, 2021: Otsenka plotnosti populyatsii kraba-vselentsa *Chionoecetes opilio* v Karskom more s ispol'zovaniem BNPA “Videomodul” (Evaluating of the population density of alien crabs *Chionoecetes opilio* in the Kara Sea using underwater towed vehicle “Videomodule”). *Sovremennye metody i sredstva okeanologicheskikh issledovaniy (MSOI-2021). Materialy XVII mezhdunarodnoi nauchno-tekhnicheskoi konferentsii*. Vol. 2, Moscow, Shirshov Institute of Oceanology RAS, 207–210.
 31. Gallo, N. D., J. Cameron, K. Hardy, P. Fryer, D. H. Bartlett, and L. A. Levin, 2015: Submersible- and lander-observed community patterns in the Mariana and New Britain trenches: Influence of productivity and depth on epibenthic and scavenging communities. *Deep-Sea Research I*, **99**, 119–133.
 32. Gebruk, A. V., E. M. Krylova, A. Y. Lein, G. M. Vinogradov, E. Anderson, N. V. Pimenov, G. A. Cherkashev, and K. Crane, 2003: Methane seep community of the Håkon Mosby mud volcano (the Norwegian Sea): composition and trophic aspects. *Sarsia*, **88** (6), 394–403.
 33. Guichard, P., 1899: *La photographie sous-marine: étude sur l'état actuel de la question et sur les difficultés qu'elle présente*, Paris, Charles Mendel, 69 p.
 34. Houot, G., 1972: *Vingt ans de bathyscaphe*, Paris, Éditions Arthaud, 272 p.
 35. Houot, G., 1976: *Dvadsat' let v batiskafe (Vingt ans de bathyscaphe)*, Leningrad, Gidrometeoizdat, 176 p.
 36. Ivanoff, A., 1953: Progrès récents de la photographie sous-marine. *La Nature*, **3221**, 257–261.
 37. Jamieson, A. J., T. D. Linley, H. A. Stewart, P.-H. Nargeolet, and V. Vescovo, 2020: Revisiting the 1964 *Archimède* bathyscaphe dive to 7300 m in the Puerto Rico trench, abundance of an elaspodid holothurian *Peniagone* sp. and a resolution to the identity of the ‘Puerto Rican snailfish’. *Deep-Sea Research I*, **162** (103336), 1–8.
 38. Jamieson, A. J. and P. H. Yancey, 2012: On the validity of the *Trieste* flatfish: dispelling the myth. *Biol. Bull.*, **222** (3), 171–175.
 39. Korolev, A. B., 2011: *Shturm gidrokosmosa (ot “snaryada EPRON” do “Rusi”) (Attack of Hydrospace (from the apparatus “EPRON” to “RUS”))*. Moscow, printLETO, 192 p.
 40. Laval, P., J.-C. Braconnot, C. Carré, J. Goy, P. Morand, and C. E. Mills, 1989: Small-scale distribution of macroplankton and micronekton in the Ligurian Sea (Mediterranean Sea) as observed from the manned submersible *Cyana*. *J. Plankt. Res.*, **11** (4), 665–685.
 41. Lomonosov, M. V., 1986: Oda, vybrannaya iz Iova, glavy 38, 39, 40 i 41 (Ode selected from Job: chapters 38, 39, 40 and 41). *M. V. Lomonosov. Izbrannye proizvedeniya*, Leningrad, Sovetskii pisatel', 200–203.
 42. Mackie, G. O., 1985: Midwater macroplankton of British Columbia studied by submersible PISCES IV. *J. Plankt. Res.*, **7** (6), 753–777.
 43. Mokievskii, V. O., B. Ya. Rozman, and A. B. Tsetlin, 2005: Ispol'zovanie teleupravlyaemogo apparata GNOM v gidrobiologicheskikh issledovaniyakh (Use of the remote-operated

- vehicle GNOM in hydrobiological research). *IX Mezhdunarodnaya nauchno-tekhnicheskaya konferentsiya "Sovremennye metody i sredstva okeanologicheskikh issledovaniy". Materialy konferentsii*. Vol. 1, Moscow, Shirshov Institute of Oceanology RAS, 140–144.
44. Moskalev, L. I., 2005: *Metry glubin. Chelovek poznaet glubiny Okeana. Ot parusno-parovogo korveta "Chellendzher" do glubokovodnykh obitaemykh apparatov (Masters of the Deep. Man explores the depths of the Ocean. From the sail-steam corvette Challenger to deep-sea manned vehicles)*. Moscow, Tovarishestvo nauchnykh izdaniy KMK, 249 p.
 45. Myers, G. C., as "redtreetimes", 2023: Louis Boutan and the world under water. *Redtree Times*, electronic resource. Available from <https://redtreetimes.com/2013/02/21/louis-boutan-and-the-world-under-water/> (accessed 2024-04-10).
 46. *Okeanologicheskie issledovaniya frontal'noi zony Gol'fstrima: poligon "Titanik" (Oceanographic investigations of the Gulf Stream Frontal Zone: the "Titanic" site)*, 2002: Moscow, Nauka, 286 p.
 47. *Okeanologicheskie issledovaniya i podvodno-tekhnicheskie raboty na meste gibeli atomnoi podvodnoi lodki "Komsomolets" (Oceanographic research and underwater technical operations on the site of nuclear submarine "Komsonolets" wreck)*, 1996: Moscow, Nauka, 362 p.
 48. Pérès, J.-M., 1965: Aperçu sur les résultats de deux plongées effectuées dans le ravin de Puerto-Rico par le bathyscaphe Archimède. *Deep-sea Research*, **12**, 883–891.
 49. Piccard, J. and J. Abercrombie, 1960: Man's deepest dive. *National Geographic*, **118** (2), 224–239, Available online: <https://deepseachallenge.com/the-team/1960-dive/>.
 50. Piccard, J. and R. S. Dietz, 1961: *Seven miles down. The story of the bathyscaph "Trieste"*, New York, Putnam, 249 p.
 51. Piccard, J. and R. S. Dietz, 1963: *Glubina – sem' mil' (Depth – seven miles)*. Moscow, Izdatel'stvo inostrannoi literatury, 237 p.
 52. Podrazhanskii, A. M., 1982: *Vizhu dno Baikala! (I see the bottom of Lake Baikal!)*. Leningrad, Gidrometeoizdat, 152 p.
 53. Pronin, A. A., 2017: Metodika sbora i predstavleniya materialov videos'emki dna s pomoshch'yu neobitaemogo podvodnogo apparata "Videomodul" (Collection and representation data video movies of bottom surface in oceanological investigations with underwater towing equipment). *Mezhdunarodnyi zhurnal prikladnykh i fundamental'nykh issledovaniy*, **12**, 142–147.
 54. Rozman, B. Ya. and N. A. Rimsky-Korsakov, 2005: Teleupravlyaemye podvodnye apparaty IO RAN (Remote-controlled underwater vehicles of Shirshov Institute of Oceanology RAS). *IX Mezhdunarodnaya nauchno-tekhnicheskaya konferentsiya "Sovremennye metody i sredstva okeanologicheskikh issledovaniy". Materialy konferentsii*. Vol. 1, Moscow, Shirshov Institute of Oceanology RAS, 46–56.
 55. Rudyakov, Yu. A., A. L. Vereshchaka, G. M. Vinogradov, and M. V. Geptner, 1990: Biomassa sestona v pridonnykh sloyakh yugo-zapadnoi chasti Indiiskogo okeana (Seston biomass in the near-bottom layer of the South-Western Indian Ocean). *Oceanology*, **30** (1), 114–120.
 56. Rutenberg, E., 1936: Tekhnika nauchno-issledovatel'skikh rabot pod vodoi (Underwater research technology). *W. Beebe. V glubinakh okeana: spusk na batisfere na glubinu 923 metrov*. Moscow, Leningrad, Gosudarstvennoe izdatel'stvo biologicheskoi i meditsinskoi literatury, 94–98.
 57. Rybakova (Goroslavskaya), E., S. Galkin, M. Bergmann, T. Soltwedel., and A. Gebruk, 2013: Density and distribution of megafauna at the Håkon Mosby mud volcano (the Barents Sea) based on image analysis. *Biogeosciences*, **10**, 3359–3374.
 58. Rybakova, E., E. Krylova, V. Mordukhovich, S. Galkin, I. Alalykina, I. Smirnov, N. Sanamyan, I. Nekhaev, G. Vinogradov, V. Shilov, A. Prudkovsky, E. Kolpakov, A. Gebruk, and A. Adrianov, 2022: Methane seep communities on the Koryak slope in the Bering Sea. *Deep-Sea Res. II*, **206** (105203), 1–21.

59. Rybakova, E., E. Krylova, V. Mordukhovich, S. Galkin, I. Alalykina, N. Sanamyan, I. Nekhaev, G. Vinogradov, V. Shilov, A. Pakhnevich, A. Gebruk, and A. Adrianov, 2023: Mega- and macrofauna of the hydrothermally active submarine Piip Volcano (the southwestern Bering Sea). *Deep-Sea Res. II*, **208** (105268), 1–19.
60. Sagalevich, A. M., 1987: *Okeanologiya i podvodnye obitaemye apparaty: metody issledovaniy (Oceanology and underwater manned vehicles: research methods)*. Moscow, Nauka, 256 p.
61. Sagalevich, A. M., 1999: Podvodnye obitaemye apparaty i nauchnye isledovaniya s ikh primeneniem (Manned submersible and scientific studies using them). *Institut okeanologii im. P. P. Shirshova: polveka izucheniya Mirovogo okeana*, Moscow, Nauka, 203–212.
62. Sagalevich, A. M., 2002: *Glubina (The Depth)*. Moscow, Scientific World, 320 p.
63. Sagalevich, A. M. and S. V. Galkin, 2002: Zhizn' zatonuvshikh korablei (The life of sunken ships). *Priroda*, **2** (1038), 54–61.
64. Shekhvatov, B. V., 1983: NIS “Vityaz” – novye metody i tekhnika issledovaniya okeana (R/V “Vityaz” – new methods and techniques of the investigation of the Ocean). *Nauchno-issledovatel'skoe sudno “Vityaz” i ego ekspeditsii 1949–1979 gg.*, Moscow, Nauka, 28–49.
65. Smirnov, G. V., 2008: Sovremennye sredstva i metody okeanologicheskikh issledovaniy (Modern tools and methods of oceanographic research). *Okeanologiya na starte XXI veka*, Moscow, Nauka, 449–474.
66. *Sorok reisov “Vityazy”: [diafil'm] (Forty cruises of the R/V “Vityaz”: [filmstrip])*, 1968: Moscow, Diafil'm, D-155-68, 52 frames. Access: <https://nebdeti.ru/nedb-item?id=5b384898-c6a8-4459-ae9e-427648434112>.
67. Vereshchaka, A. L. and G. M. Vinogradov, 1999: Visual observations of the vertical distribution of plankton throughout the water column above Broken Spur vent field, Mid-Atlantic Ridge. *Deep-Sea Res. I.*, **46** (9), 1615–1632.
68. Vinogradov, G. M., 2004: Near-bottom and pelagic gammaridean amphipods in the western Indian Ocean. *Ann. South Afr. Mus.*, **112** (3), 39–88.
69. Vinogradov, G. M., 2005: Vertical distribution of macroplankton at the Charlie-Gibbs Fracture Zone (North Atlantic), as observed from the manned submersible “Mir-1”. *Marine Biology*, **146** (2), 325–331.
70. Vinogradov, G. M., 2019: Sravnenie vozmozhnostei podscheta mezo- i makroplanktona v stolbe vody pri pogruzheniyakh teleupravlyaemogo i obitaemykh podvodnykh apparatov (Comparison of the possibilities of counting meso- and macroplankton in a water column during dives of remotely operated vehicles and manned submersibles). *Sovremennye metody i sredstva okeanologicheskikh issledovaniy (MSOI-2019). Materialy XVI vserossiiskoi nauchno-tekhnicheskoi konferentsii. T. II*, Moscow, ID “Akademiya Zhukovskogo”, 272–275.
71. Vinogradov, G. M., A. L. Vereshchaka, and D. L. Aleinik, 2003: Raspredelenie zooplanktona nad gidrotermal'nymi polyami Sredinno-Atlanticheskogo khrebta (Distribution of the zooplankton above hydrothermal vent fields of the Mid-Atlantic Ridge). *Oceanology*, **43** (5), 696–709.
72. Vinogradov, G. M., A. L. Vereshchaka, E. I. Musaeva, and V. Yu. D'yakonov, 2003a: Vertikal'noe raspredelenie zooplanktona nad abissal'noi ravninoy Porok'yupain (severo-vostochnaya Atlantika) letom 2002 g. (Vertical distribution of zooplankton above the Porcupine Abyssal Plain (Northeastern Atlantic Ocean), summer 2002). *Oceanology*, **43** (4), 543–554.
73. Vinogradov, G. M. and S. V. Galkin, 2023: “Glaza” i “ruki” pod vodoi: ot pervoi batisfery do avtonomnykh modulei (“Eyes” and “hands” underwater: from the first bathysphere to autonomous modules). *Sovremennye metody i sredstva okeanologicheskikh issledovaniy (MSOI-2023). Materialy XVIII mezhdunarodnoi nauchno-tekhnicheskoi konferentsii. T. I*, Moscow, Shirshov Institute of Oceanology RAS, 224–227.

74. Vinogradov, M. E., 2008: Rol' "pikovykh situatsii" v razvitií planktonnykh soobshchestv (The role of "peak situations" in the development of plankton communities). *Okeanologiya na starte XXI veka*, Moscow, Nauka, 319–331.
75. Vinogradov, M. E. and Yu. G. Chindonova, 1994: Zametki o vertikal'noi zonal'nosti pelagicheskoi fauny (po pryamym nablyudeniya iz GOA "Mir"). (Notes on the vertical zonality of the pelagic fauna based on direct observations from DMS "Mir"). *Trudy Instituta Okeanologii RAN*, **131**, 64–75.
76. Vinogradov, M. E. and E. A. Shushkina, 1982: Otsenka kontsentratsii chernomorskikh meduz, grebnevikov i kalyanusa po nablyudeniya iz podvodnogo apparata "Argus" (Estimation of concentration of jellyfish, comb jellies and *Calanus* as observed from the manned submersible "Argus"). *Oceanology*, **22** (3), 473–479.
77. Vinogradov, M. E. and E. A. Shushkina, 1994: Osobennosti vertikal'nogo raspredeleniya zooplanktona v Severnoi Patsifmke po kolichestvennym otsenkam iz glubokovodnykh obitaemykh apparatov (GOA) "Mir" (A study of vertical distribution of the northern Pacific zooplankton based on quantitative estimations from the deep manned submersible (DMS) "Mir"). *Trudy Instituta Okeanologii RAN*, **131**, 41–63.
78. Vinogradov, M. E., A. L. Vereshchaka, and G. M. Vinogradov, 2006: Issledovaniya planktona stolba vody i pridonnogo sloya: metodicheskie aspekty i material (Studies of plankton in the water column and bottom layer: methodological aspects and material). *Ekosistemy atlanticheskikh gidroterm*, Moscow, Nauka, 205–217.
79. Vinogradov, M. E., E. A. Shushkina, A. E. Gorbunov, and N. L. Shashkov, 1991: Vertikal'noe raspredelenie makro- i mezoplanktona v raione Kosta-Rikanskogo kupola (Vertical distribution of the macro- and mesoplankton in the region of the Costa Rica Dome). *Oceanology*, **31** (5), 759–769.
80. Vinogradova, N. G., 1976: Bol'shoi lik Okeana (Big face of the Ocean). *Priroda*, **11** (735), 94–105.
81. Vinogradova, N. G., 1997: Zoogeography of the abyssal and hadal zones. *Advances in Marine Biology*, **32**, 326–387.
82. Wolff, T., 1961: The deepest recorded fishes. *Nature*, **190** (4772), 283 only.
83. Yancey, P. H., M. E. Gerring, J. C. Drazen, A. A. Rowden, and A. Jamieson, 2014: Marine fish may be biochemically constrained from inhabiting the deepest ocean depths. *Proc. Nat. Ac. Sci.*, **111** (12), 4461–4465.
84. Yastrebov, V. S., 1999: Podvodnye apparaty (Underwater studies). *Institut okeanologii im. P. P. Shirshova: polveka izucheniya Mirovogo okeana*, Moscow, Nauka, 190–202.
85. Zenkevich, L., 1936: Usloviya zhizni v okeane (Living conditions in the ocean). *W. Beebe. V glubinakh okeana: spusk na batisfere na glubinu 923 metrov*. Moscow, Leningrad, Gosudarstvennoe izdatel'stvo biologicheskoi i meditsinskoi literatury, 71–93.
86. Zenkevich, N. L., 1960: Fotokamery dlya s'emki dna na bol'shikh glubinakh (Cameras for photographing the bottom at great depths). *Trudy Instituta Okeanologii AN SSSR*, **44**, 66–80.
87. Zenkevich, N. L., 1970: *Atlas fotografii dna Tikhogo okeana (Atlas of photographs of the Pacific Ocean floor)*, Moscow, Nauka, 205 p.
88. Zezina, O. N., 1997: Biogeography of the bathyal zone. *Advances in Marine Biology*, **32**, 389–426.

Submitted 03.07.2024, accepted 18.08.2024.

For citation: Vinogradov, G. M. and S. V. Galkin, 2024: To see the bottom: from the first bathysphere to autonomous modules. *Journal of Oceanological Research*, **52** (3), 160–184, [https://doi.org/10.29006/1564-2291.JOR2024.52\(3\).10](https://doi.org/10.29006/1564-2291.JOR2024.52(3).10).