



[https://doi.org/10.59887/2073-6673.2025.18\(3\)-10](https://doi.org/10.59887/2073-6673.2025.18(3)-10)

EDN WWSWZV

УДК 551.46.08

© В. М. Журбас, 2025

Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, 117997, Москва, Нахимовский проспект, д. 36
*zhurbas@ocean.ru

Вадим Тимофеевич Пака и его изобретения

Статья поступила в редакцию 16.02.2025, после доработки 21.05.2025, принята в печать 04.07.2025

Аннотация

Дается обзор основных инноваций, которые были разработаны и внедрены в практику натурных гидрофизических измерений в океане Вадимом Тимофеевичем Пакой. Среди них термокоса, термотрал, слабо-привязной микроструктурный зонд «Баклан», ундулирующий буксируемый тонкоструктурный комплекс «Рыбка» с управлением ундуляцией с помощью высокоскоростной лебедки и измеритель скорости течения по углам наклона тела с положительной плавучестью, подвешенного в набегающем потоке (ТСМ). Особое внимание уделяется зонду «Баклан» и комплексу «Рыбка», так как именно они оказали наибольшее влияние на развитие современных методов натурных измерений в океане и имели наибольшее число последователей. Генеральной идеей зонда «Баклан» было квази-свободное погружение носителя датчиков турбулентности на гибком, ненагруженном, свободно стравливаемом кабеле с около-нейтральной плавучестью. Это позволило оперативно производить многократные измерения турбулентности в верхнем слое океана при низком уровне шумов, что было невозможным при использовании как обычных кабельных зондов, так и автономных свободно-падающих зондов. Представлена история развития идей В.Т. Паки, заложенных в основу «Баклана» и «Рыбки», и их реализации в «железе». Дается сравнение «Баклана» и «Рыбки» с существующими измерительными системами, такими как MSS Profiler и SeaSoar.

Ключевые слова: контактные гидрофизические измерения в океане, мелкомасштабная турбулентность, флуктуации скорости течения воды, тонкая термохалинная структура, автоколебания, термокоса, термотрал, слабо-привязной микроструктурный зонд «Баклан», ундулирующий буксируемый тонкоструктурный комплекс «Рыбка»

© V. M. Zhurbas*, 2025

Shirshov Institute of Oceanology, Russian Academy of Sciences, 36 Nakhimovsky Prosp., Moscow 117997, Russia
*zhurbas@ocean.ru

Vadim Paka and His Inventions

Received 16.02.2025, Revised 21.05.2025, Accepted 04.07.2025

Abstract

The article provides an overview of the main innovations that were developed and implemented in the practice of in situ hydrophysical measurements in the ocean by Vadim Timofeevich Paka. Among them are the thermochain, the thermotrawl, the loosely tethered microstructure probe “Baklan”, the undulating towed fine-structure system “Rybka” with undulation control by a high-speed winch, and the current velocity meter based on the inclination angles of a body with positive buoyancy suspended in the oncoming flow (Tilt Current Meter — TCM). Special attention is paid to the “Baklan” probe and the “Rybka” system, since they had the greatest influence on the development of modern methods of in situ measurements in the ocean and had the largest number of followers. The general idea of the “Baklan” probe was a quasi-free immersion of the carrier of turbulence sensors on a flexible, unloaded, free-falling cable with near-neutral buoyancy. This made it possible to quickly perform multiple measurements of turbulence in the upper layer of the ocean at a low level of noise, which was impossible when using both ordinary cable probes

Ссылка для цитирования: Журбас В.М. Вадим Тимофеевич Пака и его изобретения // Фундаментальная и прикладная гидрофизика. 2025. Т. 18, № 3. С. 129–138. EDN WWSWZV. [https://doi.org/10.59887/2073-6673.2025.18\(3\)-10](https://doi.org/10.59887/2073-6673.2025.18(3)-10)
For citation: Zhurbas V.M. Vadim Paka and His Inventions. *Fundamental and Applied Hydrophysics*. 2025;18(3):129–138.
[https://doi.org/10.59887/2073-6673.2025.18\(3\)-10](https://doi.org/10.59887/2073-6673.2025.18(3)-10)

and autonomous free-falling probes. The article presents the history of the development of V.T. Paka's ideas, which formed the basis of "Baklan" and "Rybka", and their implementation in hardware. A comparison of "Baklan" and "Rybka" with existing measurement systems such as MSS Profiler and SeaSoar is given.

Keywords: *in situ* hydrophysical measurements in the ocean, small-scale turbulence, fluctuations in water flow velocity, fine thermohaline structure, self-oscillations, thermochain, thermotrawl, loosely tethered microstructure probe "Baklan", undulating towed fine-structure system "Rybka"

Вадим Тимофеевич Пака (1936–2024) на протяжении своей долгой научной карьеры всегда что-нибудь изобретал. Можно сказать, что изобретательство было формой его существования в науке. Методом проб и ошибок он придумывал и реализовывал настолько простые технические решения сложных проблем в области натурных измерений в океане, что его последователи вскоре забывали имя автора и считали эти изобретения чем-то само собой разумеющимся и очевидным или придуманным ими самими. Вадим Пака щедро и безвозмездно делился своими находками со всеми заинтересованными лицами — вопрос об авторских правах его занимал мало, и радовался тому, что исследователи применяют его методики на практике.

Первые разработки В.Т. Пакой аппаратуры для океанских измерений относятся к 1960-м — началу 1970-х гг. — в то время на слуху в океанологических кругах СССР была так называемая термокоса Паки, представляющая собой цепочку термисторов, вывешиваемых за борт научно-исследовательского судна (НИС) на кабеле, позволяющая подробно регистрировать двухмерную зависимость температуры морской воды от времени и глубины в заданных локации и диапазоне глубины. Это открывало новые возможности экспериментального исследования внутренних волн в океане. Впоследствии термокоса была модифицирована в термотрал: цепочка термисторов крепилась на кабель-тросе с обтекателями и тяжелым телом-углубителем на нижнем конце. Термотрал буксировали на ходу НИС, что позволяло получать двухмерную зависимость (разрез) температуры от вертикальной координаты (глубины) и горизонтальной координаты (расстояния).

В последнее десятилетие (2015–2024) Вадим Тимофеевич увлекся разработкой дешевых и практичных автономных измерителей скорости течения в придонном слое моря и на мелководье путем регистрации углов наклона цилиндрического тела с положительной плавучестью в набегающем потоке (т. н. tilt current meter (TCM), см. рис. 1).

Не имея возможности даже упомянуть все разработанные Пакой приспособления для гидрофизических измерений в океане в рамках данной статьи, я решил сосредоточиться на двух разработках — микроструктурном зонде «Баклан» [1] и тонкоструктурном буксируемом ундулирующем комплексе «Рыбка»



Рис. 1. Фотография измерителя скорости течения ТСМ. Его форма образована цилиндрической перфорированной пластиковой трубой. Перфорация препятствует развитию автоколебаний тела в набегающем потоке. Внутри находится прибор, осуществляющий измерение и регистрацию углов наклона, и модули плавучести. Весь плавучий пакет прикреплен к свинцовой пластине куском цепи [4]. Оригинальным здесь является конкретное техническое решение, а сама физическая идея измерять скорость набегающего потока по наклонению подвешенного тела с положительной плавучестью была ранее реализована Виталием Шереметом в Институте океанографии в Вудс Холе

Fig. 1. A photograph of the TCM. Its shape is formed by a cylindrical perforated plastic pipe. The perforation prevents the development of self-oscillations of the body in the oncoming flow. Inside, in addition to the buoyancy modules, there is a device for measuring and recording tilt angles. The entire buoyant package is attached to a lead plate by a piece of chain [4]. What is original here is the specific technical solution, and the physical idea of measuring the velocity of the oncoming flow by the inclination of a suspended body with positive buoyancy was previously implemented by Vitaly Sheremet at the Woods Hole Oceanographic Institution

[2, 3], создание и усовершенствование которых происходило на моих глазах в морских экспедициях и в процессе многолетнего сотрудничества с В.Т. Пакой, начиная с 23 рейса НИС «Дмитрий Менделеев» в 1980 г. По моему мнению, именно эти два изобретения В.Т. Паки оказали наибольшее влияние на развитие современных методов гидрофизических измерений в океане.

Микроструктурный зонд «Баклан»

В 1960-е гг. возник интерес к исследованию мелкомасштабной турбулентности в океане — флуктуациям скорости, температуры, солёности и других гидрофизических параметров в диапазонах частоты 1–100 Гц и длины от 1 мм до 10 м. Интерес был связан как с осознанием фундаментальной роли мелкомасштабной турбулентности в процессах перемешивания воды и теплообмена в океане, так и с прикладными задачами обнаружения подводных лодок. Субъективным драйвером развития исследований мелкомасштабной турбулентности в Институте океанологии им. П.П. Ширшова было назначение А.С. Монины, ученика первооткрывателя теории локально-изотропной турбулентности А.Н. Колмогорова и автора теории подобия для стратифицированного турбулентного пограничного слоя атмосферы, директором Института в 1965 г. Вскоре после назначения А.С. Монины были организованы Лаборатория океанологических приборов в Калининграде под руководством В.Т. Паки и Лаборатория морской турбулентности в Москве под руководством Р.В. Озмидова в 1967 г. и 1968 г. соответственно.

Одной из наибольших объективных сложностей измерения турбулентных флуктуаций скорости в океане является проблема обеспечения равномерности движения зонда-носителя датчика скорости: при буксировке или погружении на нагруженном кабель-тросе тело зонда подвержено высокочастотным колебаниям, вносящим шумы в измерения. Провести не зашумленные измерения флуктуаций скорости позволяет свободнопадающий зонд (не имеющий привязки к судну). Однако свободнопадающий зонд обладает существенным недостатком: на его всплытие на поверхность, обнаружение в открытом море, доставку на борт и подготовку к следующему погружению требуется продолжительное время, что делает многократное профилирование с целью получения двух- и трехмерных распределений характеристик турбулентности в океане практически невозможным.

Целью Вадима Паки было найти компромисс: «поженить» шумный привязной зонд, который можно быстро поднять на борт и подготовить к следующему погружению, с бесшумным свободнопадающим зондом, который нельзя быстро поднять на борт и подготовить к следующему погружению. Решением оказался слабо привязанный зонд, квази-свободно погружающийся на гибком, ненагруженном, свободно стравливаемом кабеле с около-нейтральной плавучестью.

Работы по созданию слабо-привязного микроструктурного зонда «Баклан», который был назван именем ныряющей за рыбой длинношей морской птицы, были начаты в 1980 г. в 23 рейсе НИС «Дмитрий Менделеев». За последующие 8 лет проб и ошибок слабо-привязной зонд «Баклан» превратился в полнофункциональный инструмент для измерений мелкомасштабной турбулентности в океане (см. рис. 2 с фотографией зонда на палубе в 13-м рейсе НИС «Академик Мстислав Келдыш»).

В 1987 г. в 13 рейсе НИС «Академик Мстислав Келдыш» принимал участие Хартмут Прандке из Института океанографии в Варнемюнде (IOW), ГДР. Его интересовал советский опыт измерений мелкомасштабной турбулентности в океане, поскольку он сам недавно разработал квази-свободнопадающий зонд, который на самом деле скользил вниз по двум натянутым вертикальным нейлоновым нитям [5]. Совершенно очевидно, что скольжение по натянутым нитям, которые неизбежно испытывали автоколебания в набегающем потоке, делало зонд Прандке непригодным для измерений турбулентных флуктуаций скорости. Знакомство с работой зонда «Баклан» для Хартмута Прандке было сродни выигрышу джекпота в лотерею. После воссоединения Германии Хартмут Прандке основал собственную фирму ISW Wassermesstechnik, которая наводнила рынок слабо-привязными микроструктурными зондами MSS Profiler, построенными по принципу зонда «Баклан» (сравни рис. 2 и 3). Впоследствии Хартмут Прандке продал фирму Wassermesstechnik фирме Sea&Sun Technology, которая изготавливает и продает зонд MSS Profiler вплоть до настоящего времени (<https://www.sea-sun-tech.com/sea-sun-technology-buys-isw-wassermesstechnik-dr-hartmut-prandke/>). Все было бы ничего, только, к сожалению, в длинном списке персоналий, которым Хартмут Прандке выражает благодарность в отчете по разработке зонда MSS Profiler, имя Вадима Паки отсутствует (см. [6]).

На этом историю зонда «Баклан» можно было бы и закончить, но Вадим Пака перестал бы быть Вадимом Пакой, если бы остановился и не продолжил его совершенствовать. В 2008 г. ко мне обратился Берт Руделс из Финского метеорологического института в Хельсинки с просьбой предложить В.Т. Паке провести измерения мелкомасштабной турбулентности в шлейфе придонной арктической воды, переливающейся через Дат-

ский пролив, в рамках проекта EC THOR (Thermohaline Overturning — at Risk?). Проблема состояла в том, что как «Баклан», так и MSS Profiler были сконструированы для измерения турбулентности в приповерхностном слое моря толщиной 300–400 м, а тут требовалось провести измерения в придонном слое той же толщины при глубине моря около 2 км. Несмотря на то, что для выполнения таких измерений требовалась глубокая модернизация зонда «Баклан», Вадим Пака согласился и блестяще справился с поставленной задачей [7, 8].

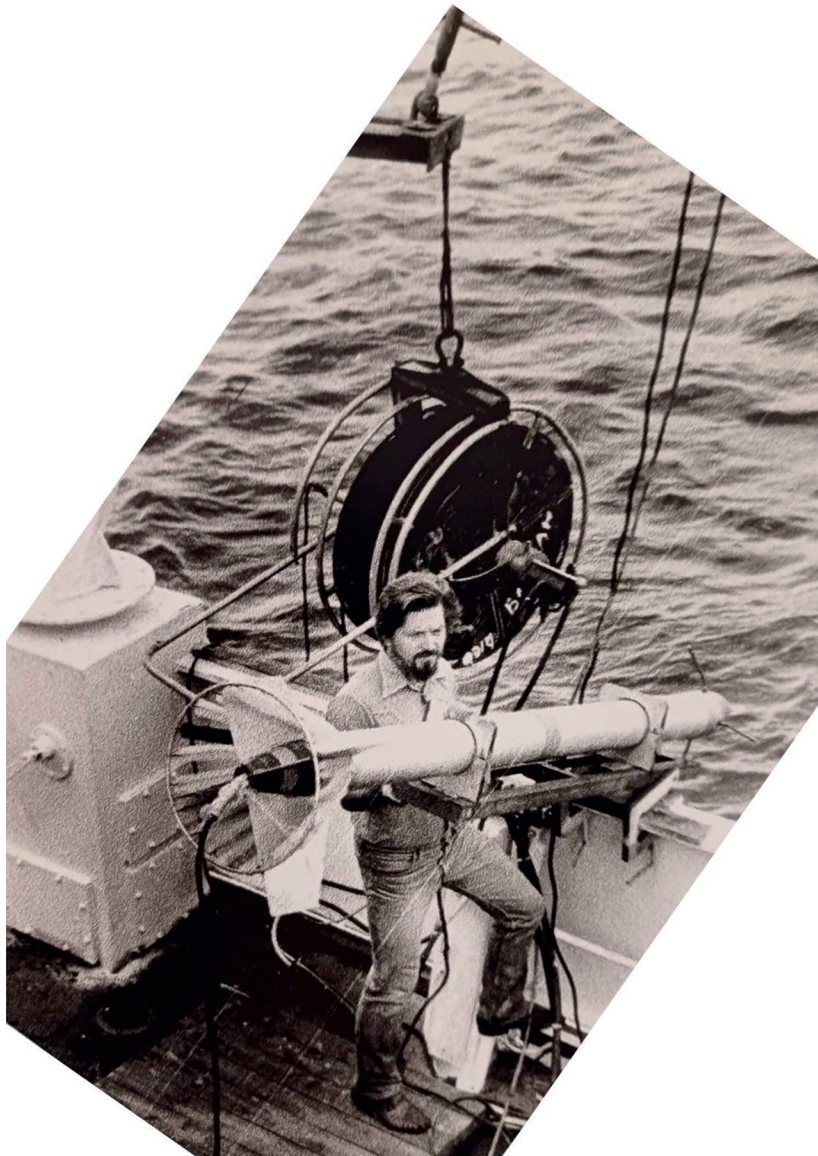


Рис. 2. Фотография слабо-привязного микроструктурного зонда «Баклан» (1987 г., 13 рейс НИС «Академик Мстислав Келдыш»)¹

Fig. 2. Photograph of the loosely tethered microstructure probe «Baklan » (1987, 13th cruise of R/V «Akademik Mstislav Keldysh»)

Для использования квази-свободнопадающего зонда «Баклан» на любой глубине трос упаковывался в специальный магазин внутри зонда, а также частично наматывался на катушку, прикрепленную к носителю зонда. Всего можно было поместить только ограниченное количество троса (500 м капронового фала толщиной 4 мм). Поэтому для проведения измерений на больших глубинах необходимо доставлять зонд на стартовую глубину без использования троса. Лучшим носителем для «Баклана» было решено считать стандартную систему отбора проб воды Rosette в комплекте с CTD-LADCP, которая является основным

¹ Фото из личного архива Г.А. Бамбизова



Рис. 3. Фотография микроструктурного зонда MSS profiler Хартмута Прандке [6]. Сравните с рис. 2 и найдите хотя бы одно существенное различие

Fig. 3. Photograph of the MSS profiler by Hartmut Prandke [6]. Compare with Fig. 2 and find at least one significant difference

инструментом для гидрографических исследований. Объединение измерений микроструктуры с CTD и добавление измерений скорости течения LADCP обеспечивает микроструктурный анализ необходимыми фоновыми параметрами гравитационного течения и экономит дорогостоящее судовое время. На рис. 4 (вверху) показано фото измерительной системы, готовой к погружению. На рис. 4 (внизу) поясняется принцип пуска зонда «Баклан» на любой выбранной глубине [7].

Тонкоструктурный буксируемый ундулирующий комплекс «Рыбка»

Традиционный метод проведения контактных измерений вертикальных профилей температуры, солености и других гидрофизических параметров океана на дрейфовых станциях подразумевает переход судна в заданную точку, торможение судна до дрейфового состояния, выполнение измерений в дрейфе и разгон судна для перехода в следующую точку. В силу большой инерционности судна, время, затрачиваемое на его торможение и разгон, занимает значительную долю дорогого судового времени и значительно увеличивает расход топлива. Для ускорения процесса многократного измерения вертикальных профилей в близко расположенных точках разреза или площадной съемки с 1960-х гг. началось внедрение буксируемых носителей измерительных приборов, оснащенных крыльями и рулями высоты самолетного типа, позволяющими буксируемому носителю совершать волнообразные движения в верхних слоях океана за счет гидродинамической подъемной силы. Примерами таких буксируемых ундулирующих носителей является система SeaSoar производства Chelsea Instruments, Ltd. (<https://www.chelsea.co.uk/>) и буксируемый ундулирующий носитель CTD зонда NBIS Mark 3 конструкции Райво Портсмута из Эстонии.

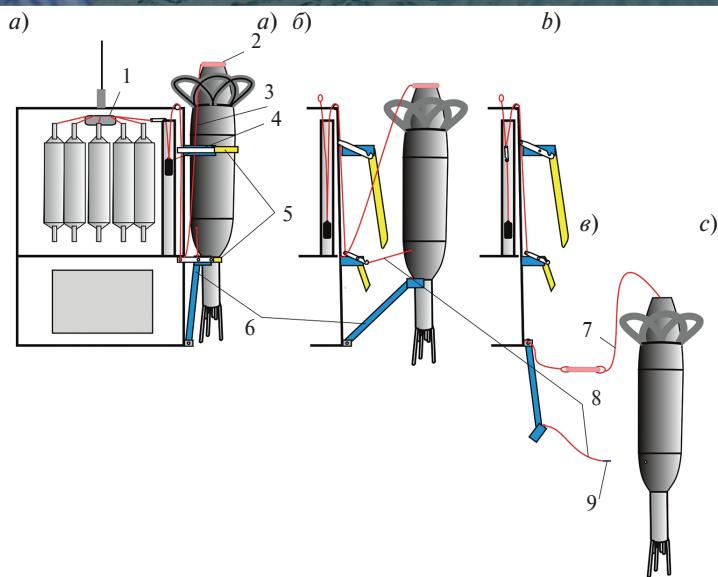
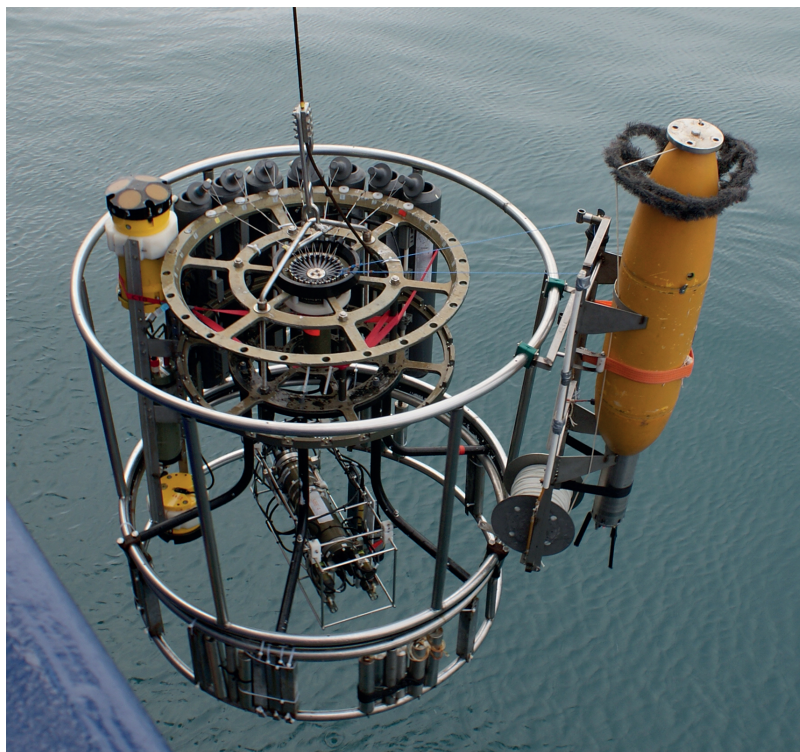


Рис. 4. (Вверху) Фотография погружаемого комплекса [7]. Зонд «Баклан» — светлый объект справа. Также показаны система сбора образцов воды Rosette, акустический доплеровский профилограф скорости RDI LADCP и термохалинный зонд SBE CTDO. (Внизу) Принцип освобождения зонда «Баклан» от стойки на выбранной глубине. 1 — узел спускового крючка на стойке Rosette, 2 — прикрепленный груз для ускорения зонда «Баклан» (необходим из-за малой отрицательной плавучести зонда), 3 — трос, крепящий ускоряющий груз к стойке, 4 —

спусковой крючок, 5 — ремни, удерживающие зонд на стойке перед освобождением, 6 — поворотная опора, которая предотвращает удар зонда о стойку при освобождении, 7 — основной трос (капроновый фал), 8 — шнур освобождения магнита, 9 — магнит, который включает запись зонда «Баклан». (А) показывает конфигурацию перед освобождением «Баклана», в этой конфигурации «Баклан» жестко закреплен на стойке двумя ремнями. (В) показывает начало освобождения, когда ремни расцепляются при сбросе груза и «Баклан» движется вниз и в сторону за счет совместного действия ускоряющегося груза и поворотной опоры. (С) показывает начало свободного падения, когда магнит вытягивается и начинается запись «Баклана»

Fig. 4. (Top) Photograph of the deployed system [7]. The «Baklan» probe is the light colored object on the right. Also shown are the Rosette water samples, the RDI LADCP, and the SBE CTDO. (Bottom) Principle of releasing the «Baklan» probe from the rack at a chosen depth. 1 — the trigger assembly on the Rosette rack, 2 — attached load for accelerating the «Baklan» probe (needed due to the small negative buoyancy of the probe), 3 — rope fastening the acceleration load to the rack, 4 — trigger, 5 — belts holding the probe to the rack before release, 6 — turning support which prevents the probe from hitting the rack when released, 7 — the main tether, 8 — release cord for the magnet, 9 — magnet, which switches the «Baklan» recording on. (A) shows the configuration before releasing the «Baklan»; in this configuration the «Baklan» is tightly fastened to the rack by two belts. (B) shows the beginning of the release as belts are unlocked by dropping a load and the «Baklan» moves down and aside due to the joint action of the accelerating load and the turning support. (C) shows the beginning of the free fall as the magnet is pulled out and the «Baklan» recording starts.

Цели В.Т. Паки состояли в том, чтобы максимально упростить конструкцию и удешевить буксируемый ундулирующий носитель и сделать его пригодным для работы в придонном слое на очень близком расстоянии (до 1 м) над наклонным дном без риска потерять установленную на носителе дорогую аппаратуру из-за соударения с дном. Для достижения первой цели было предложено управлять ундуляцией буксируемого носителя высокоскоростной лебедкой путем попеременного вытравливания и выбирания троса. Технические решения для достижения второй цели иллюстрируются на рис. 5 и 6.

Тяжелая цепь, привязанная слабой веревкой к нижнему концу буксируемого комплекса (рис. 5), обеспечивает сохранность дорогостоящей аппаратуры в силу следующих трех эффектов. Во-первых, при достижении дна происходит увеличение силы сопротивления из-за трения нижней части цепи о дно, что приподнимает находящийся над цепью зонд. Во-вторых, когда нижняя часть цепи ложится на грунт, то вес оставшейся над дном буксирной линии соответственно уменьшается, что приводит к уменьшению скорости погружения зонда или даже к прекращению погружения. В-третьих, если цепь зацепится за некий лежащий на грунте объект, то слабая веревка, на которой привязана цепь, разорвется — цепь будет утеряна, а зонд всплывет.

В 1993 г. в 29-м рейсе НИС «Профессор Штокман» Вадимом Пакой была выполнена обширная программа учашенного CTD профилирования в Балтийском море с помощью зонда «Рыбка» [2, 3]. В рейсе принимал участие Вальдемар Валчовски (Waldemar Walczowski) из Института океанологии Польской Академии Наук в Сопоте. Вадим Пака познакомил его с конструкцией зонда «Рыбка» в варианте, показанном на Рис. 5, и раскрыл все секреты-премудрости его изготовления и эксплуатации в морских условиях. Впоследствии буксируемый ундулирующий носитель для CTD зонда, аналогичный показанному на рис. 5, стал штатным измерительным прибором на польском парусном НИС «Океания».

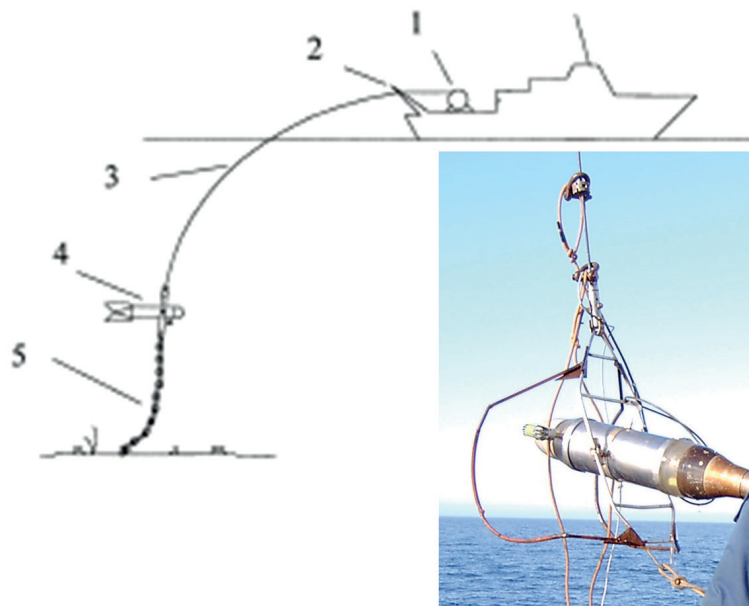


Рис. 5. Схема и фотография тонкоструктурного буксируемого ундулирующего комплекса «Рыбка» [2, 3]. 1 — высокоскоростная лебедка, 2 — П-рама с канифас-блоком, отводящая кабель от борта судна, 3 — армированный кабель-трос, 4 — CTD зонд NBIS Mark 3, помещенный в цилиндрическую оболочку с хвостовым оперением, которая крепится на вертлюжной подвеске к металлической рамке на конце кабель-троса, 5 — цепь длиной 1,5–2 м, утяжеляющая подводный аппарат и предотвращающая соприкосновение зонда с грунтом, привязанная к нижнему концу металлической рамки некрепкой веревкой

Fig. 5. Schematic and photograph of the fine-structure towed undulating complex «Rybka» [2, 3]. 1 — high-speed winch, 2 — U-frame with a canifas block, diverting the cable from the side of the vessel, 3 — reinforced cable-rope, 4 — CTD probe NBIS Mark 3, placed in a cylindrical shell with a tail, which is attached to a metal frame at the end of the cable-rope by swivels, 5 — a chain 1.5–2 m long, which weighs down the underwater vehicle and prevents the probe from coming into contact with the ground. The chain is tied to the lower end of the metal frame with a weak rope

Также как в случае микроструктурного зонда «Баклан», Вадим Пака перестал бы быть Вадимом Пакой, если бы остановился на зонде «Рыбка» и не продолжил совершенствовать устройства для тонкоструктурного профилирования с высоким пространственным разрешением [4] (рис. 6). По новому способу профилирования с движущегося судна на скорости 4–6 узлов, зонд с фалом, свободно намотанным на палубе, выпускался с кормы и начинал вертикально опускаться вниз, не воспринимая движения судна. В момент прекращения свободного падения фал натягивался, и зонд быстро поднимался на поверхность. В этом положении начинался возврат зонда на палубу. Для возврата использовался механизм, представляющий собой модифицированный вариант ярусных тягачей, предназначенных для рыбного промысла. Он сматывает фал на палубе вместо наматывания на лебедку, и за счет этого позволяет без задержки на предварительную подготовку повторять очередное зондирование. Для работы в этом режиме зонд помещают между грузом массой около 5 кг и поплавком с подъемной силой около 2 кг, при этом фал закрепляют между грузом и зондом, как показано на рис. 6. Груз подбирается таким образом, чтобы установившаяся скорость падения составляла 1 м/с. При достижении дна зонд, удерживаемый поплавком на заданном небольшом расстоянии от дна (40 см), на короткое время останавливается в вертикальном положении с датчиками, направленными вниз (рис. 6, а). В момент прекращения выпуска фал закрепляется на палубе, забортная часть натягивается, а бортовая часть вставляется в тягач. Затем осуществляется подъем, заканчивающийся при подходе зонда к корме. Конфигурация груза, зонда и поплавок при подъеме показана на рис. 6, б. Только когда груз отрывается от грунта и зонд находится на безопасном расстоянии, он совершает горизонтальное перемещение. Потеря зонда при таком способе возможна только из-за обрыва фала, который нагружен не более чем на 10 % от допустимого натяжения.

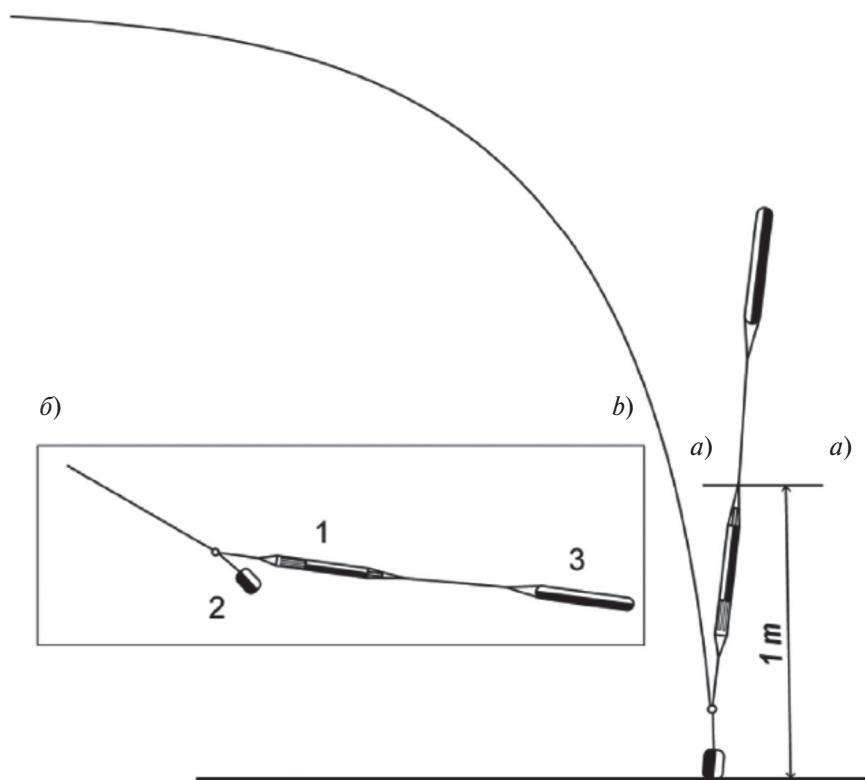


Рис. 6. Усовершенствованное устройство для тонкоструктурного профилирования с высоким пространственным разрешением, состоящее из (1) зонда CTD-48Mc (Sea&Sun Technology), (2) груза и (3) поплавок, соединенных кусками фала: а — конфигурация в момент достижения зондом дна моря, б — конфигурация при подъеме [4]

Fig. 6. An improved arrangement for the closely spaced fine-structure profiling, consisting of (1) CTD48Mc (Sea&Sun Technology), (2) load and (3) float, linked by pieces of rope. а — Configuration when the CTD probe reaches the bottom, б — configuration during recovery [4]

Вадим Пака был талантливым изобретателем и открытым, увлекающимся, оптимистичным человеком с легким характером и тонким чувством юмора. Было бы символично завершить статью фотографией, на которой он летит на кран-балке над палубой на фоне синего неба (рис. 7).



Рис. 7. Вадим Пака на фоне синего неба²

Fig. 7. Vadim Paka against the blue sky

Финансирование

Работа выполнена в рамках государственного задания Института океанологии им. П.П. Ширшова РАН (тема FMWE-2024-0015).

Funding

The work was carried out as part of the state assignment of the P.P. Shirshov Institute of Oceanology of the Russian Academy of Sciences (topic FMWE-2024-0015).

Литература

1. Paka V., Nabatov V., Lozovatsky I., Dillon T. Oceanic microstructure measurements by BAKLAN and GRIF // Journal of Atmospheric and Oceanic Technology. 1999. Vol. 16. P. 1519–1532. EDN LFIEPV. [https://doi.org/10.1175/1520-0426\(1999\)016<1519:OMMBBA>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0426(1999)016<1519:OMMBBA>2.0.CO;2)
2. Пака В.Т. Термохалинная структура воды на поперечных разрезах в Слупском желобе Балтийского моря весной 1993 г. // Океанология. 1996. Т. 36, № 2. С. 188–198.
3. Zhurbas V.M., Paka V.T. What drives thermohaline intrusions in the Baltic Sea? // Journal of Marine Systems. 1999. Vol. 21. P. 229–241. EDN LFSRWV. [https://doi.org/10.1016/S0924-7963\(99\)00016-0](https://doi.org/10.1016/S0924-7963(99)00016-0)
4. Paka V.T., Zhurbas V.M., Golenko M.N. et al. Innovative Closely Spaced Profiling and Current Velocity Measurements in the Southern Baltic Sea in 2016–2018 With Special Reference to the Bottom Layer // Frontiers Earth Sciences. 2019. Vol. 7, N 111. EDN OMLAOA. <http://doi.org/10.3389/feart.2019.00111>
5. Prandke H., Stips A. Free sinking probe for horizontal coherence investigation of microstructure // Beiträge zur Meereskunde. 1985. Vol. 53. P. 69–70.

² Источник: Сайт Института океанологии им. П.П. Ширшова РАН. URL: <https://ocean.ru/index.php/novosti-left/nashi-poteri/item/3333-ushel-iz-zhizni-vadim-timofeevich-paka> (дата обращения: 17.05.2025)

6. Prandke H., Holtsch K., Stips A. MITEC technology development: The microstructure/turbulence measuring system MSS // European Communities, JRC, Space Applications Institute, Technical Report. 2000. URL: https://www.researchgate.net/publication/357913165_MITEC_technology_development_The_microstructure_turbulence_measuring_system_MSS
7. Paka V., Zhurbas V., Rudels B. et al. Microstructure measurements and estimates of entrainment in the Denmark Strait overflow plum // *Ocean Science*. 2013. Vol. 9. P. 1003–1014. EDN QPIKCA. <http://doi.org/10.5194/os-9-1003-2013>
8. Пака В.Т., Руделс Б., Куадфайзел Д., Журбас В.М. Измерения турбулентности в зоне сильных придонных течений в Датском проливе // Доклады академии наук. 2010. Vol. 432, N 1. P. 110–114. EDN LTWZRZ.

References

1. Paka V, Nabatov V, Lozovatsky I, Dillon T. Oceanic microstructure measurements by BAKLAN and GRIF. *Journal of Atmospheric and Oceanic Technology*. 1999;16:1519–1532. [https://doi.org/10.1175/1520-0426\(1999\)016<1519:OMMBBA>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0426(1999)016<1519:OMMBBA>2.0.CO;2)
2. Paka VT. Thermohaline structure of the water on cross sections in the Slupsk Channel of the Baltic Sea in spring of 1993. *Oceanology*. 1996;36(2):188–198.
3. Zhurbas VM, Paka VT. What drives thermohaline intrusions in the Baltic Sea? *Journal of Marine Systems*. 1999;21:229–241. [https://doi.org/10.1016/S0924-7963\(99\)00016-0](https://doi.org/10.1016/S0924-7963(99)00016-0)
4. Paka VT, Zhurbas VM, Golenko MN, et al. Innovative Closely Spaced Profiling and Current Velocity Measurements in the Southern Baltic Sea in 2016–2018 With Special Reference to the Bottom Layer. *Frontiers Earth Sciences*. 2019;7:111. <http://doi.org/10.3389/feart.2019.00111>
5. Prandke H, Stips A. Free sinking probe for horizontal coherence investigation of microstructure. *Beiträge zur Meereskunde*. 1985;53:69–70.
6. Prandke H, Holtsch K, Stips A. MITEC technology development: The microstructure/turbulence measuring system MSS. European Communities, JRC, Space Applications Institute, Technical Report. 2000. URL: https://www.researchgate.net/publication/357913165_MITEC_technology_development_The_microstructure_turbulence_measuring_system_MSS
7. Paka V, Zhurbas V, Rudels B, et al. Microstructure measurements and estimates of entrainment in the Denmark Strait overflow plum. *Ocean Science*. 2013;9:1003–1014. <http://doi.org/10.5194/os-9-1003-2013>
8. Paka VT, Rudels B, Quadfasel D, Zhurbas VM. Measurements of Turbulence in the Zone of Strong Bottom Currents in the Strait of Denmark. *Doklady Earth Sciences*. 2010;432(1):613–617. <https://doi.org/10.1134/S10283334X10050144>

Об авторе

ЖУРБАС Виктор Михайлович, главный научный сотрудник, заведующий лабораторией морской турбулентности ИО РАН, доктор физико-математических наук, ORCID: 0000-0001-9013-3234, Scopus AuthorID: 6603968937, WoS ResearcherID: A-7341–2009, SPIN-код (РИНЦ): 8646-7272, e-mail: victor.zhurbas@mail.ru