

**Академик РАН Г.В. Смирнов**

## **Измерительная техника и методология проведения экспериментальных исследований в океане**

*Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, г. Москва*

Поступила в редакцию 5.01.2000 г.

Даны обзор основных научных направлений современной океанологии, анализ эффективности работ научно-исследовательского флота Российской академии наук и рекомендации по повышению эффективности морских экспедиционных работ.

Подготовка и возможная публикация этой статьи в журнале «Оптика атмосферы и океана» обусловлены двумя причинами. Первая – желание принять участие в формировании очередного номера этого журнала, приуроченного к 75-летию академика Владимира Евсеевича Зуева, создавшего Институт оптики атмосферы, Томский научный центр и инициировавшего учреждение указанного журнала. Вторая – развитие современного, а тем более перспективного приборного парка для океанологических исследований – не может рассматриваться без дистанционных измерителей параметров гидрофизических полей поверхностного слоя океана, а спутниковый канал связи с автономными и дрейфующими станциями, стационарными измерительными системами принципиально меняет весь подход к организации и проведению экспериментальных исследований в океане. В этой связи лазерные измерительные системы и ряд измерителей метеопараметров, созданных в Институте оптики атмосферы, без сомнения, могут найти применение в океанологических измерительных комплексах нового поколения. По этой причине данную статью можно рассматривать как приглашение к дискуссии на тему об океанологическом приборостроении, а если возможно, то и к совместной работе в этой области.

### **Основные научные направления современной океанологии**

Не станем брать на себя ответственность за единичную формулировку основных научных направлений современной океанологии, а обратимся к документам, в которых коллегиально учеными нашей страны эти направления сформулированы.

Федеральная целевая программа «Мировой океан» – документ, призванный охватить все направления современной океанологии, но до настоящего времени еще полностью не завершен и в полной мере еще не является руководством к действию. Дважды в последние три года на Бюро ООФАиГ рассматривались приоритетные направления исследований Института океанологии им. П.П. Ширшова РАН и являются хорошо проработанными документами, но они ориентированы на существующее для этих целей финансирование, а вернее, на его полное отсутствие и по этой причине направлены на решение только основных, неотложных задач сегодняшнего дня.

В 1987 г. представительной группой ученых СССР из различных министерств и ведомств на базе Института океанологии разработан «Прогноз развития и освоения Мирового океана до 2000 года».

Это очень хорошо продуманные предложения, которые могли быть приняты за основу составления новой программы исследования Мирового океана, но началась «перестройка», и работа в этом направлении не была продолжена. Все перечисленные документы, вне сомнений, достаточно полно отражают проблемы современной океанологии и учитывают реальное положение дел в экономике нашей страны. По этой причине считаем невозможным высказывать по отношению к ним критические замечания, но наиболее полной, и, на наш взгляд, удачно сформулированной, и охватывающей все направления современной океанологии являлась и является в настоящее время Государственная научно-техническая программа «Комплексные исследования океанов и морей Арктики и Антарктики». Океанологи нашей страны руководствовались в своей работе этой программой в течение четырех десятилетий и на сегодняшний день она, на наш взгляд, является наиболее полной и представительной программой.

В одном из первых вариантов этой программы Леонидом Максимовичем Бреховским были сформулированы две основные научные задачи в изучении Мирового океана, а именно: «Создание термодинамической модели Мирового океана» и «Исследование взаимодействия океана и атмосферы с учетом влияния материков».

В дальнейшем программа развивалась, конкретизировалась и уже в последнем варианте была ориентирована на следующие приоритетные цели:

- исследование роли океана и полярных областей в формировании погодных аномалий и досрочных прогнозов погоды, а также в определении величины возможных климатических изменений на Земле;
- определение биологической продуктивности океанов и морей с целью стабильной величины вылова промысловых объектов и прогнозирования изменений состояния их запасов, а также разработку биологических основ морекультуры;
- исследование состава и строения земной коры и верхней мантии под океанами и морями в целях изучения закономерностей нефте- и газообразования, распространения рудных и нерудных полезных ископаемых и выполнения поисково-разведочных работ;
- оценку и прогноз изменений экологической обстановки на морях России на основе комплексных океанографических исследований, разработку рекомендаций и прогноз социально-экономического развития приморских ре-

гионов страны на основе методологии комплексного управления прибрежными зонами;

- создание эффективных систем мониторинга морских и полярных процессов, получение режимных характеристик Мирового океана и Арктики и параметров их изменчивости (в том числе по ключевым процессам, формирующим экстремальные условия), построение интерактивных баз данных и экспертных систем в целях обеспечения всего комплекса экономической и правовой деятельности, связанной с океаном и Арктикой, и уменьшения риска деятельности человека;

- изучение параметров морской среды в целях повышения эффективности деятельности военно-морского флота.

Для достижения этих целей были сформулированы девять научных направлений, которые возглавляли ведущие ученые нашей страны.

Конечно, кроме указанных программ институты РАН и другие научные учреждения нашей страны принимали активное участие в выполнении ряда глобальных проектов. В частности, по инициативе и под руководством Гурия Ивановича Марчука выполнялись работы по международному проекту «Полимода», до настоящего времени ведутся работы по проекту «Разрезы». По инициативе Андрея Сергеевича Монина выполнялись работы по проекту «Мегаполигон». Такие объединяющие ресурсы всей страны, а иногда и нескольких стран, проекты вне всяких сомнений в процессе их выполнения являлись основными двигателями развития науки об океане.

Кроме того, если говорить о направлениях исследования современной океанологии, то нельзя не отметить международные проекты исследований в области океанологии:

- Программа изучения глобальной изменчивости климата (WCRP),
- Программа наблюдений за изменчивостью погоды в мире (WWW),
- Объединенная глобальная океанская наблюдательная система (IGOSS),
- Международный обмен океанографическими данными и информацией (IODE),
- Глобальная океанская наблюдательная система (GOOS),
- Глобальная наблюдательная система за изменчивостью климата (GCOS).

И тем не менее, возвращаясь к началу обсуждения этого вопроса, нельзя не признать, что наиболее полной и охватывающей все направления современной, да, пожалуй, и перспективной, океанологии является Государственная научно-техническая программа «Комплексные исследования океанов и морей Арктики и Антарктики», многие годы служившая основой всех экспериментальных исследований в океане, проводимых институтами Академии наук и всех других министерств и ведомств нашей страны.

### Анализ эффективности работ научно-исследовательского флота Российской академии наук

Необходимость разработки нового подхода к организации и проведению морских экспедиционных работ в современных политических и экономических условиях требует проведения анализа эффективности работ научно-исследовательского флота РАН.

По результатам анализа архивных материалов по экспедиционной деятельности научно-исследовательского флота с 1965 г. по настоящее время получены данные по количеству проведенных экспедиционных рейсов и числу научных сотрудников, принимавших участие в экспедициях.

На рис. 1 приведены эти данные с 1965 по 1990 г., а на рис. 2 – с 1990 по 1998 г. Сравнительный анализ рис. 1 и 2 показывает, что с изменением экономической ситуации в нашей стране (вернее, с ее катастрофическим ухудшением) экспедиционные исследования в океане сократились в 10 раз. В то же время необходимо отметить, что все проблемы по исследованию океанов и окраинных морей, связанные с освоением и добычей пищевых и минеральных ресурсов, охраной государственных границ и обороной страны, решением экологических задач и дальнейшим развитием исследований по созданию теории климата и долгосрочного прогноза погоды, безопасностью мореплавания и т.д., остались и их необходимо решать вне зависимости от меняющейся политической ситуации.



Рис. 1. Количественные показатели экспедиционных работ в океане в 1965 – 1990 гг.



Рис. 2. Количественные показатели экспедиционных работ в океане в 1990 – 1998 гг.

Отметим, что период с начала 60-х и до начала 90-х гг. был «золотым веком» развития наук об океане. Однако более детальный анализ отчетных материалов позволяет прийти к заключению о недостаточной рациональности в планировании экспедиций не только по районам работ, но и по тематической направленности.

На рис. 3 приведены данные о количестве экспедиций, проведенных в различных районах Мирового океана. Материалы графика свидетельствуют о большом количестве морских экспедиций в экваториальной зоне, что составляет более 83% всех экспедиционных рейсов с 1965 по 1976 г., проведенных в Атлантическом, Тихом и Индийском океанах.



Рис. 3. Распределение экспедиционных рейсов НИС по районам Мирового океана в 1965 – 1976 г.

Значительное количество экспедиций проводилось по инициативным программам отдельных ученых. При подготовке программ рейсов, как правило, указаны программы и проекты различного уровня, по которым должны проводиться исследования в экспедиционном рейсе, но в рейсовых отчетах нет даже упоминания об их выполнении. Но эти недочеты в организации экспедиционной деятельности целиком компенсируются теми успехами, которые достигнуты в эти годы в изучении природы Мирового океана.

После 1991 г. и по настоящее время состояние дел с экспедиционными исследованиями в океане, с ремонтом и содержанием научно-исследовательских судов значительно изменилось, к сожалению, в худшую сторону. Бюджетное финансирование значительно сокращено. Достаточно сказать, что Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН в настоящее время получает около 3% бюджетного финансирования по отношению к объему финансирования, которое получал до 1990 г., т.е. реально финансирование сокращено в 30 раз.

Годы	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
Собственные НИС	21	21	13	14	10	9	8	10
Аренда	1	1	1	0	0	5	4	5

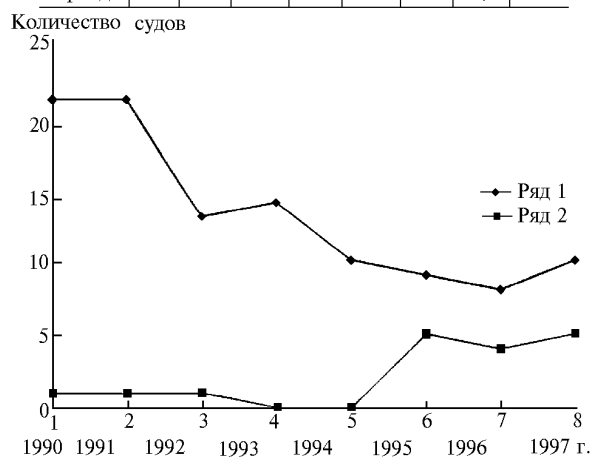


Рис. 4. Количество научно-исследовательских судов, занятых в экспедиционных рейсах: ряд 1 – суда Российской академии наук; ряд 2 – арендованные суда

На рис. 4 приведены данные о количестве научно-исследовательских судов, занятых в экспедиционных рейсах. Анализ графика показывает, что в экспедиционных рейсах (даже кратковременных) занято менее половины научно-исследовательских судов. Правда, возникла новая форма экспедиционной деятельности – рейсы на арендованных судах, но эти рейсы, как правило, попутные и с очень малым числом научных сотрудников. Хотя материалы (см. рис. 4) говорят о том, что в экспедиционной деятельности занята половина судов, суммарная продолжительность рейсов снизилась в 7–8 раз по сравнению с последним благоприятным в экспедиционных работах 1990 г.

В общей сложности в 1998 г. проведена 31 экспедиция длительностью 1314 суток, и в них приняли участие 753 научных сотрудника, что в 7 раз меньше, чем в 1990 г.

В порядке анализа рассмотрим вопросы финансирования экспедиционных рейсов судов РАН, возможности их использования в коммерческих целях, а также предложения по повышению эффективности экспедиционных работ в океане.

В качестве источников финансирования рейсов научно-исследовательских судов могут рассматриваться следующие:

- Федеральная целевая программа «Мировой океан»;
- гранты (контракты) на проведение научно-исследовательских работ в океане от отечественных предприятий;
- гранты (контракты) на проведение научно-исследовательских работ в океане от зарубежных фирм;
- совместные с зарубежными партнерами научно-исследовательские работы в океане по отдельным контрактам с соответствующей долевой оплатой затрат на экспедицию;
- работы с зарубежными партнерами по совместным проектам.

Все эти источники финансирования в той или иной мере работают, но в большинстве случаев их организация не носит планового централизованного характера, а осуществляется в инициативном порядке.

По использованию научно-исследовательских судов в коммерческих целях накоплен значительный опыт. Научно-исследовательские суда построены по специальным проектам и не могут в полной мере использоваться как пассажирские или как грузовые. Опыт эксплуатации судов для подобных целей показал, что амортизационные отчисления или прибыль от выполненных работ просто невозможны из-за низкой рентабельности этих судов, используемых для перевозки грузов или пассажиров. Примерно также выглядят фрахты научно-исследовательских судов для перевозки пассажиров в труднодоступные районы Земли – Антарктику и Гренландию. Суда, отработав сезон в Антарктиде, не зарабатывают средств на свое содержание в межрейсовой период и обязательный ежегодный ремонт.

### Предложения по повышению эффективности морских экспедиционных работ

Условно они разделяются на три направления:

- 1) Создание нового поколения океанологической техники.
- 2) Модернизация научного оборудования научных судов.

3) Разработка новой методологии проведения экспериментальных исследований в океане.

Эти предложения при их реализации призваны повысить эффективность работы непосредственно каждого отдельного научно-исследовательского судна.

*Создание новых технологий проведения экспериментальных исследований в океане* в основном обусловлено созданием нового поколения измерительной техники, но может быть достигнуто только при долговременных совместных работах специалистов-океанологов различных направлений. Новая методология экспедиционных исследований в океане является совокупностью работ по созданию новой измерительной техники, технологии проведения наблюдений с ее использованием и планирования работ в конкретном экспедиционном рейсе.

*Модернизация научного оборудования научно-исследовательских судов.* За последние 10 лет научное

оборудование на судах не обновлялось, а переход на работу с новыми приборами и методиками проведения наблюдений ставит нас перед необходимостью замены судового оборудования и модернизации штатного научного оборудования.

Вторым аспектом проблемы, связанной с повышением эффективности экспедиционных рейсов в океане, является необходимость учитывать действующие современные проекты и программы Международного океанографического комитета.

При этом подход в сотрудничестве должен быть далек от конкуренции и нацелен на выбор направлений исследований, не достаточно полно представленных в международных проектах и программах.

На рис. 5 приведена общая схема повышения эффективности экспедиционных исследований в океане. Рассмотрим предложенные направления работ.



Рис. 5. Общая схема повышения эффективности экспедиционных исследований в океане

Вопрос создания современной океанологической техники, на первый взгляд, кажется несвоевременным и в сегодняшней финансовой ситуации в стране крайне трудным для решения. Однако это не так, и предпосылками для создания нового поколения океанологической измерительной техники является развитие элементной базы электроники.

За последние 20–25 лет произошел значительный скачок в развитии элементной базы радиоэлектроники (переход от электронных ламп к полупроводникам, а далее к созданию интегральных схем). Принципиально поменялись структура измерительных приборов, схемотехника, габариты и энергопотребление. Возможности в создании информационно-измерительных комплексов на новой элементной базе несоизмеримо больше ранее имевшихся.

*Создание новых методов преобразования измеряемых океанологических параметров в электрический сигнал и разработка параметрических рядов первичных измерительных преобразователей.* Эти вопросы также в существенной степени связаны с развитием элементной базы радиоэлектроники, так как появилась реальная возможность преобразования аналоговых сигналов ранее недоступными способами. В качестве примера может служить оптико-акустический преобразователь, который ранее был таких габаритов, что просто не мог рассматриваться в качестве

первичного измерительного преобразователя. Кроме того, к настоящему времени по значительному числу параметров изменчивости гидрофизических полей имеются наработки по созданию параметрических рядов первичных измерительных преобразователей.

*Новые технологии в приборостроении и применение современных материалов.* Это направление важно в настоящее время и, именно, для нашей страны, так как в 1985–1995 гг. было раскрыто большое число новых технологий современного приборостроения и различных материалов, например композиционных, из которых могут быть изготовлены прочные корпуса измерительных приборов. Кроме того, необходимо отметить, что появились возможности по кооперации в производстве как отдельных узлов и блоков, так и приборов в целом. В качестве соисполнителей в выполнении работ охотно выступают предприятия министерств и ведомств, имеющие современные технологические возможности, ранее полностью загруженные плановыми заказами.

*Спутниковый и акустический каналы связи.* Открывающиеся технические возможности передачи информации из точки измерения в центр обработки меняют не только конфигурацию новых приборов, но и создают предпосылку для изменения всей организации проведения экспе-

диционных исследований в океане, т.е. для создания новой методологии экспедиционных исследований и новых технологий сбора экспериментальных данных.

*Разработка новой методологии проведения экспедиционных рейсов, их организация и планирование.* Необходимость решения этого вопроса объективно сформулировалась в связи с развитием измерительной техники и средств связи как в других областях знаний, так и в океанологии, а существенно ускорило этот процесс значительное сокращение бюджетного финансирования на экспедиционные рейсы. Создание и широкое использование автономных буйковых станций, дрейфтеров и стационарных измерительных систем позволяют отказаться от традиционной структуры проведения экспедиционного рейса с работами на станциях, разрезах, полигонах и перейти к систематическим наблюдениям, обеспечивающим получение длительных рядов наблюдений изменчивости океанологических параметров на значительных акваториях океана. Применение многоканальных автономных буйковых станций с определением координат их постановки по результатам наблюдений на рекогносцировочных разрезах или полигонах, использование спутникового канала связи для съема информации позволяют проводить долговременные систематические наблюдения в течение нескольких месяцев и даже нескольких лет.

Возможности современного приборостроения таковы, что автономные буйковые станции могут быть оснащены многоканальными, многоцелевыми измерительными приборами, а получаемые с их помощью экспериментальные данные могут удовлетворить интересы всех направлений исследований в современной океанологии. Такие технические возможности значительно меняют всю структуру, организацию и планирование работ в экспедиционном рейсе научно-исследовательского судна.

Таким образом, становится очевидной и весьма актуальной задачей разработка новых методик экспериментальных исследований в океане. Научно-исследовательское судно используется не только как платформа для проведения

наблюдений в конкретной точке океана, но и в качестве постановщика автономных, дрейфующих, донных и стационарных наблюдательных систем. При этом с целью экономии средств могут использоваться попутные рыболовецкие, торговые, гидрографические, ледокольные и другие суда.

Кроме того, нам необходимо вернуться к централизованному планированию экспедиционных исследований в океане в масштабе всей страны, т.е. Министерство ресурсов, Министерство экологии, Академия наук, Гидрометеослужба и другие министерства и ведомства должны выполнять согласованные и желательно комплексные экспедиции. В этой связи роль Федеральной целевой программы «Мировой океан» должна быть действительно доведена до уровня Федеральной программы. Научные программы рейсов научно-исследовательских судов необходимо рассматривать на уровне отраслевых океанографических комиссий и утверждать Министерством науки и технологий. При этом, по-видимому, придется перейти на конкурсное распределение грантов на проведение экспедиционных работ в океане.

Считаем также необходимым остановиться на вопросе доступности результатов экспериментальных исследований. Все получаемые в процессе проведения экспериментов в океане данные, как первичные, так и предварительно обработанные (но еще не готовые для публикации), должны быть доступны по запросу учреждения любого министерства и ведомства нашей страны.

Кроме того, необходимо пересмотреть требования и нормативные документы, регламентирующие передачу данных в единый банк океанологических данных РФ, ибо имеющиеся документы частично устарели и в значительной степени не исполняются даже в том минимальном объеме, что ранее требовалось.

*Смирнов Г.В.* Эффективность экспериментальных исследований в океане // Материалы V Международной научно-технической конференции «Современные методы и средства океанологических исследований». М.: ИО РАН, 1999.

*G.V. Smirnov. Measurement technique and methods of oceanic experimental investigations.*

Main scientific directions of the contemporary oceanology development are reviewed in the paper. Based on profound analysis of the scientific-research fleet of the Russian Academy of Sciences, the recommendations on the enhancement of its efficiency are presented.