

## Создание дрейфтерной технологии для контроля океана и атмосферы

© 2016 С.В. Мотыжев

*Морской гидрофизический институт РАН, Севастополь, Россия  
E-mail: motyzhev@marlin-yug.com*

Поступила в редакцию 28.07.2016 г.

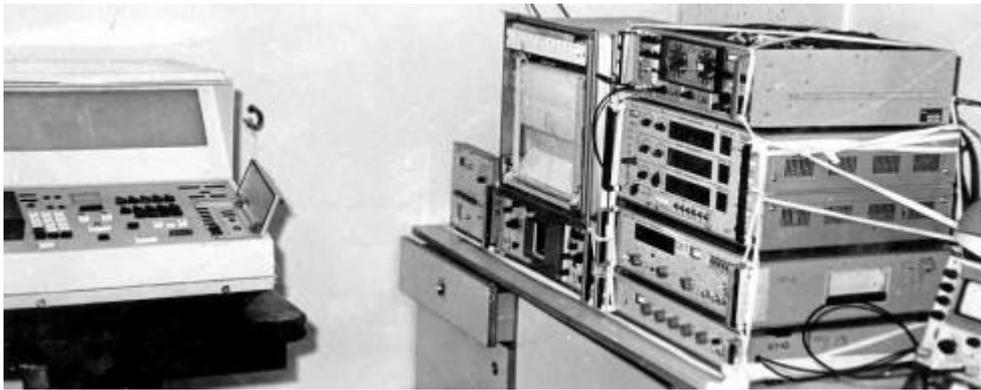
В начале 70-х годов XX столетия для изучения Мирового океана в дополнение к судовым исследованиям с астронавигационным обеспечением стали использоваться автоматические буйковые станции и дистанционное зондирование Земли. Показаны результаты исследований, связанных с разработкой поверхностных и подводных дрейфующих буйев и созданием на их основе методов и средств калибровки и валидации систем дистанционного зондирования Земли и численного моделирования. Представлен цикл работ, выполненных в рамках развития международных дрейфтерных технологий. Обозначены результаты исследований для решения таких важнейших для России направлений, как инновационное развитие и импортозамещение.

**Ключевые слова:** дрейфующие буйи, дрейфтеры, измерения, спутниковая связь и позиционирование, управление плавучестью, аэростаты.

**Введение.** В 70-х годах прошлого столетия предполагалось установить контроль океана и приземной атмосферы с помощью глобальной сети измерительных якорных буйев. Но довольно быстро стало ясно, что проблема в такой постановке не имеет решения вследствие чрезмерных финансовых и материальных затрат. Ставка была сделана на недорогие дрейфующие буйи (дрейфтеры). Однако и здесь требовались усилия по созданию систем связи и позиционирования, разработке надежных и стабильных измерительных каналов, а также достижению длительной и безотказной работы приборов в самых суровых метеоусловиях. Комплексное решение этих задач и стало для автора основой работ в Морском гидрофизическом институте (МГИ).

**1976 г. ПИОН-2.** Первые значимые результаты исследований были получены в 1976 – 1977 гг., когда разработки в области цифровой фазометрии [1] позволили вместо астрономической навигации перейти к радионавигации, что было важно для повышения качества полигонных работ по проекту ПОЛИМОДЕ, которые в то время выполнял институт. Был разработан приемоиндикатор ПИОН-2 для работы с глобальной сверхдлинноволновой радионавигационной системой (РНС) «Омега». На его основе создан судовой навигационный комплекс, включающий обозначенный приемоиндикатор, специализированную вычислительную машину ПКГ-1 для преобразования гиперболических координат в географические и радиоаппаратуру точного времени. Внешний вид комплекса показан на рис. 1.

Два таких комплекса обеспечили позиционирование судов МГИ «Академик Вернадский» и «Михаил Ломоносов» во время полигонных работ в конце 70-х годов. Автор неоднократно участвовал в экспедициях, в ходе которых изучались особенности функционирования РНС «Омега» с перспективой ее использования для трассировки дрейфующих буйев [2].



**Рис. 1.** Автоматизированный судовой навигационный вычислительный комплекс на основе приемника ПИОН-2 радионавигационной системы «Омега»

Стало очевидным, что на то время отсутствовал необходимый технический уровень, позволяющий создать автоматический приемник для трассировки дрейфующих буюв. Пробел был восполнен за счет ряда изобретений, что позволило решить эту непростую задачу [3 – 5]. Экспериментальный образец автоматического буйкового приемника был создан к концу 70-х годов.

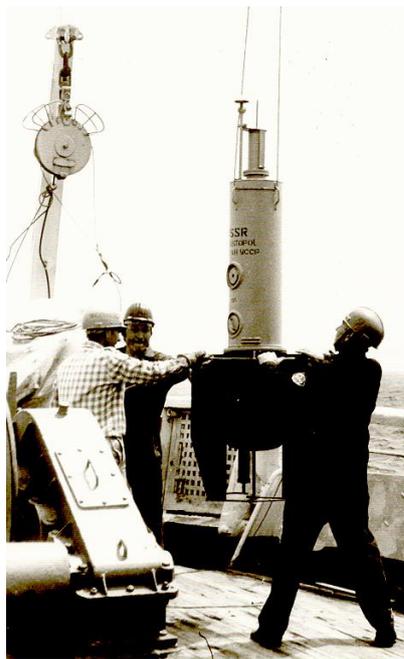
**1980 г. Первый буй.** Первый дрейфующий буй с приемником РНС «Омега» и спутниковой системой сбора и передачи информации (ССПИ-ИК), разработанной по проекту «Интеркосмос», был создан в начале 80-х годов. Внешний вид буя МГИ-9301 во время испытаний на морском полигоне в пос. Кацивели показан на рис. 2. С его использованием в 1983 г. был проведен ряд экспериментов в Атлантике, в ходе которых получены важные научные и практические результаты, подтвердившие возможность измерения вертикальной структуры сдвиговых течений одним буюм с подводным парусом [6, 7]. По результатам этих работ автором защищена кандидатская диссертация [8].

**1985 – 1997 гг. Буй ЛОБАН.** В 80-х годах появились новые системы спутниковой связи, обладающие возможностью определения координат объектов на поверхности Земли доплеровским методом. При использовании дрейфующих буюв они давали важное преимущество, которое заключалось в том, что при помощи единственного передатчика на бую решались одновременно две задачи: передача данных и определение координат. Эта особенность способствовала быстрому и прочному вхождению доплеровских систем в практику дрейфтерных работ.

Первым дрейфтером, в котором использовалась доплеровская система, стал поверхностный легкий одноразовый буй с автоматической навигацией (ЛОБАН). Его внешний вид показан на рис. 3. Помимо параметров поверхностного течения, определяемых по движению буя, измерялась температура воздуха и воды.



**Рис. 2.** Дрифтер МГИ-9301 с приемником РНС «Омега» и аппаратурой спутниковой системы связи ССПИ-ИК во время испытаний в районе океанографической платформы в пос. Кацивели



**Рис. 3.** Внешний вид дрифтера ЛОБАН

Первые два буя запущены в Тропической Атлантике в 1985 г. Всего в Атлантике в 1985 – 1988 гг. было использовано 8 буюв этого типа. Результаты экспериментов подтвердили возможность распада Экваториального противотечения в Центральной Атлантике на крупномасштабные вихревые образования различной полярности. Были получены данные о среднесезонном теплопереносе в поверхностном слое Экваториального противотечения, а также о мезомасштабных пульсациях потоков воды [9, 10].

В период 1987 – 1997 гг. в Черном море было выполнено 5 дрейфтерных экспериментов с использованием 14 дрейфующих буюв типа ЛОБАН. Эксперименты имели комплексный характер, поскольку дрейфтерные работы проводились совместно с судовыми измерениями на полигонах и дистанционными наблюдениями. Одна из целей этих работ состояла в исследовании поля скорости Основного Черноморского течения (ОЧТ). Также впервые осуществлено применение метода калибровки «пятен» радиационной температуры с помощью датчиков температуры воды, входящих в состав дрейфтеров [11, 12].

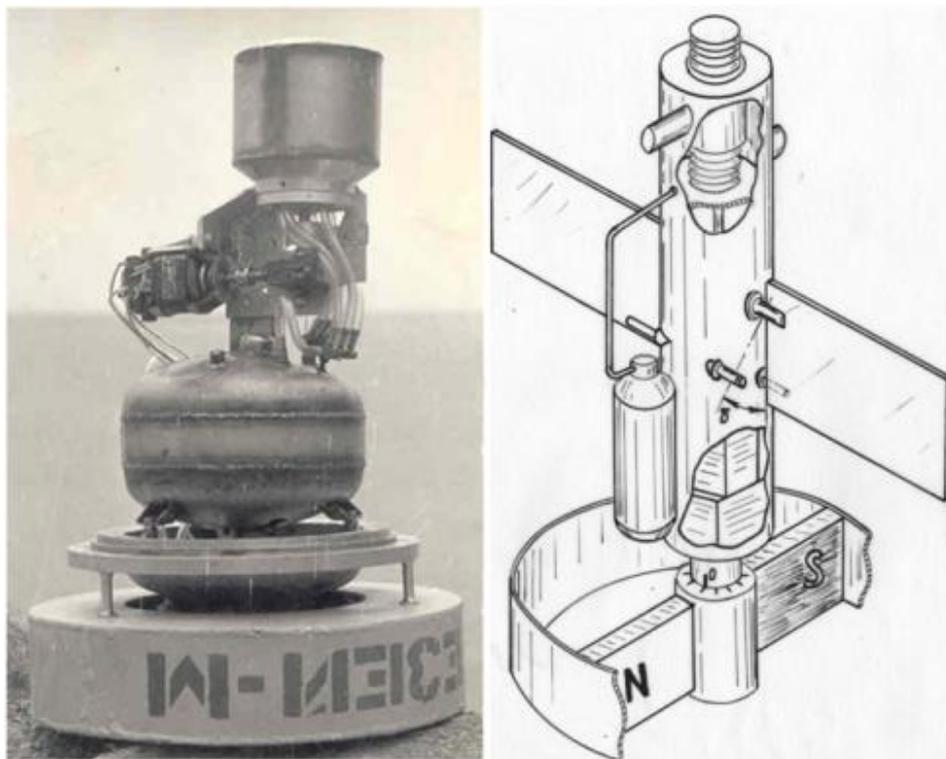
Основные физические результаты выполненных работ состоят в том, что удалось обеспечить длительные наблюдения ОЧТ в поверхностном слое по всему периметру Черного моря с детальным измерением скоростей переноса и получением данных измерений поверхностной температуры в периоды интенсивного нагревания и охлаждения поверхностного слоя воды. Были отработаны методы комплексного мониторинга с использованием буюковых измерений и спутниковых наблюдений [13].

**1986 г. Подводные бую.** В период 1987 – 1995 гг. на уровне изобретений был сделан ряд разработок зондирующих и подводных дрейфтеров. Зондирующие дрейфтеры предназначены в основном для совершения циклов погружение – всплытие. Подводные дрейфтеры способны дрейфовать в толще воды и периодически всплывать на поверхность для передачи данных через ИСЗ.

Был разработан способ определения упругих и пластических деформаций корпусов подводных буюв под действием гидростатического давления, а также в результате температурного расширения или сжатия [14].

Выполнена систематизация способов изменения плавучести. Показано, какие способы применимы для зондирующих буюв (где необходим большой диапазон изменения плавучести в цикле погружение – всплытие), а также для подводных буюв с небольшим изменением плавучести для удержания на глубине и компенсации изменчивости плотности воды в условиях переменной температуры или солености.

Эти исследования были выполнены задолго до появления поплавков *Argo* [15] и направлены на решение ряда прикладных задач. Для увеличения автономности буюв большое внимание уделялось использованию фоновых источников энергии, например таких, как вертикальный градиент профиля температуры или солености воды, а также неравномерность вертикального профиля течений. Один из разработанных зондирующих буюв [16], способных зависать в воде за счет изменения водоизмещающего объема, показан на рис. 4.



**Рис. 4.** Внешний вид устройства управления плавучестью зондирующего буя и его структура

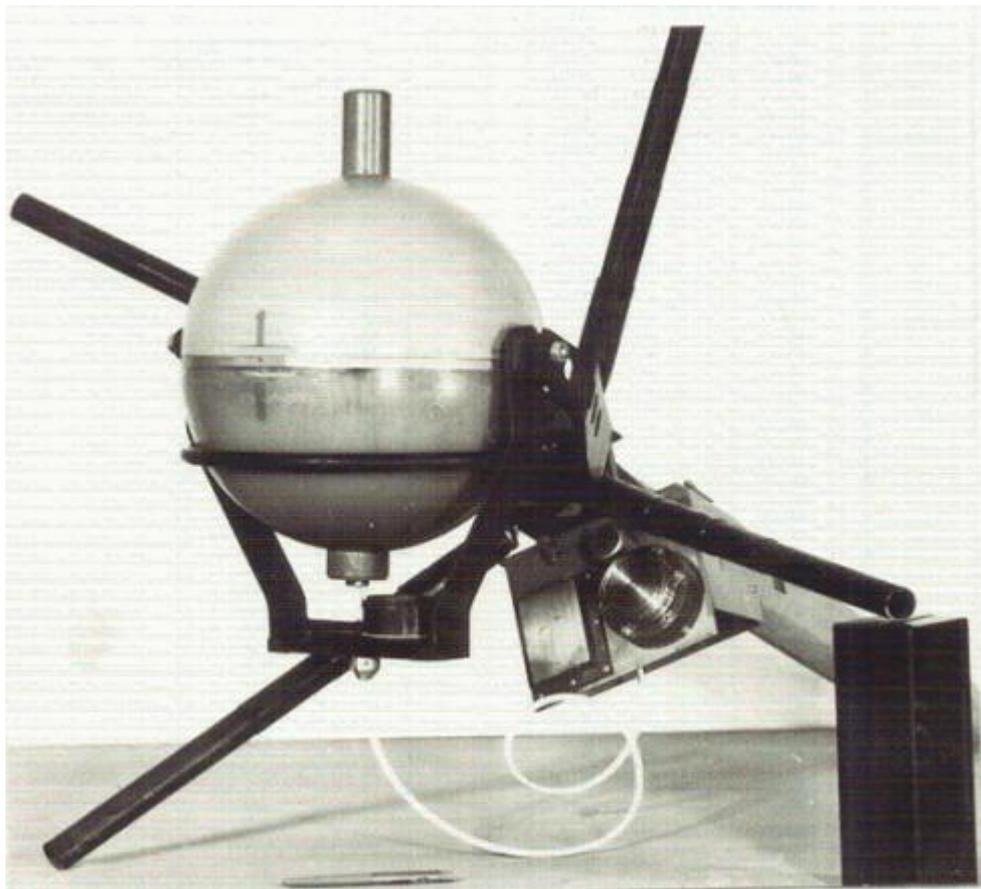
Расширение измерительных возможностей зондирующих буев может быть достигнуто, если они будут способны совершать не только вертикальное профилирование, но и боковое скольжение. Такой возможностью обладает разработанный зондирующий буй [17], обеспечивающий длительные исследования в заданной акватории путем погружения и всплытия с разнонаправленным боковым скольжением. На сегодня буи этого типа получили название глайдеры. Основное отличие наших разработок состоит в том, что цилиндрический корпус буя имеет вертикальную ориентацию, в то время как у современных глайдеров горизонтальное расположение корпуса.

К сожалению, продолжение этих разработок, имеющих большое прикладное значение, стало невозможным из-за развала СССР.

**1990 г. Аэростаты.** Разработки в области дрейфтерных технологий позволили выполнить исследования по изучению воздушных потоков в стратосфере на высотах 25 – 50 км, где наружная температура в ночных условиях падает до  $-65^{\circ}\text{C}$ . Для этого разработан аэростатный спутниковый маркер «Чирок» (рис. 5), в котором аппаратура была размещена в термозащищенном прочном сферическом контейнере.

С помощью маркера «Чирок» была освоена стратосферная трасса Камчатка – Волга, интересная для физиков, исследующих космические лучи высоких энергий. Ранее эта трасса была недоступна из-за невозможности сле-

жения за полетом аэростата с помощью наземных радиолокаторов, так как на протяжении сотен километров она пролегла над регионами, где отсутствовали пункты радиолокационного слежения.



**Рис. 5.** Аэростатный спутниковый маркер «Чирок», установленный на карданной подвеске и способный отделяться и всплывать при падении гондолы аэростата в воду

**1996 г. ООО «Марлин-Юг».** Применение дрейфтера МГИ-9301 показало, что научная идея, реализованная в «металле» другими разработчиками, часто приводит к неработоспособности устройств. В результате было принято решение о создании самостоятельной венчурной компании, какой и стала фирма ООО «Марлин-Юг» (<http://marlin-yug.com>). За 20 лет существования фирма заняла лидирующие в мире позиции в области разработки, производства и применения различных буйковых систем и в первую очередь дрейфующих буюв. Была одержана победа в многолетних сопоставительных испытаниях дрейфтеров, произведенных различными фирмами, установлен ряд мировых рекордов по продолжительности работы дрейфующих буюв [18]. Для глобальной дрейфтерной сети выпущено свыше тысячи *SVP-B* дрейфующих буюв с подводным парусом (рис. 6).

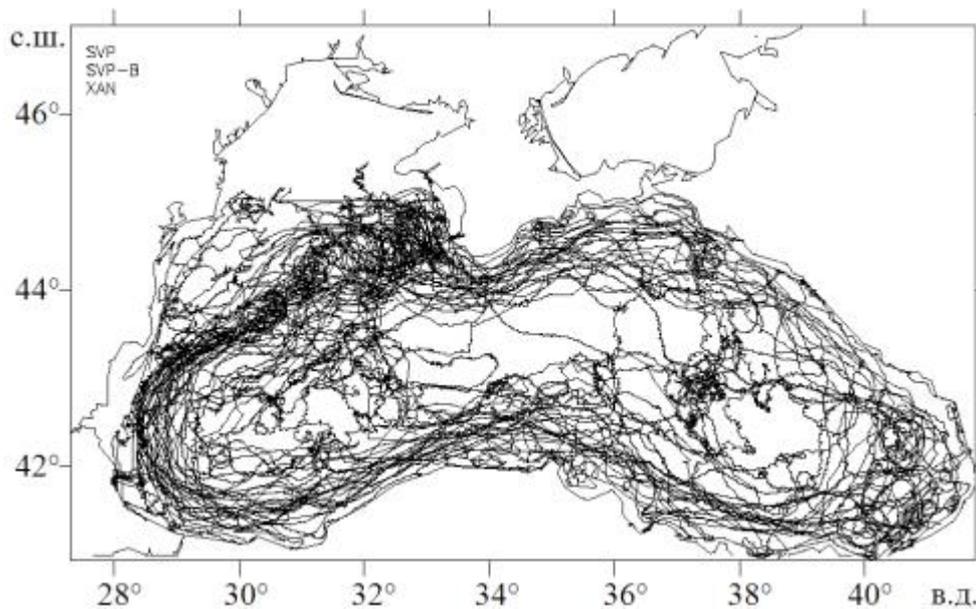


Рис. 6. Структура SVP-B дрейфующего буя

На основе SVP-B-дрифтеров создано и запущено в производство большое разнообразие типов дрейфующих буюв. Особо стоит выделить морскую и ледовую версии термопрофилирующих буюв с измерительными косами [19]. Основные научные результаты с использованием дрифтеров фирмы ООО «Марлин-Юг» были получены при изучении Черного и Каспийского морей, Южного океана и Арктики, а также при выполнении ряда целевых проектов, например проекта «Штормовой буй».

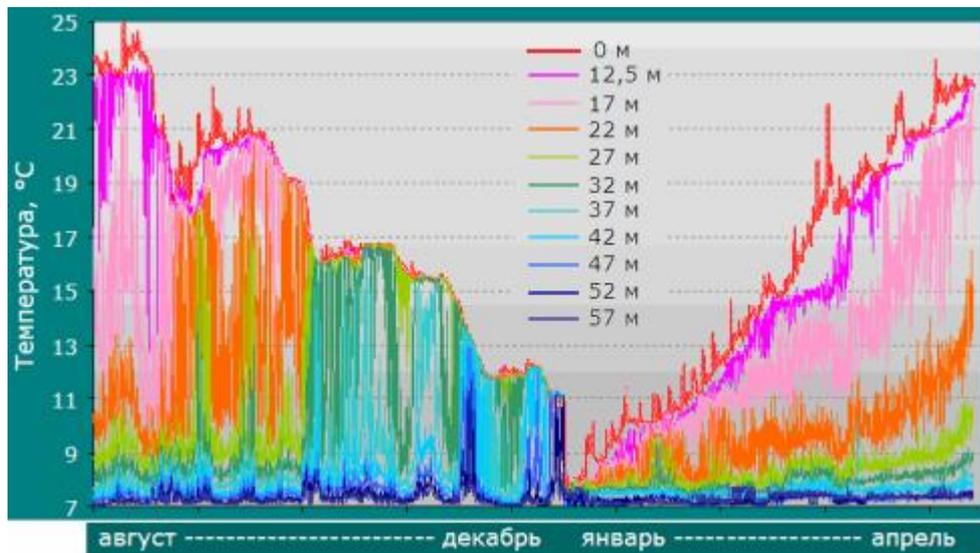
**1999 г. Черное море.** В ходе следующего этапа изучения Черного моря (1999 – 2015 гг.) с использованием дрифтеров нового поколения было запущено 94 буюв. Дрифтерное «спагетти» от траекторий всех дрифтеров, запущенных в море, показано на рис. 7.

Анализ данных позволил сделать ряд выводов, хотя требуются дополнительные эксперименты для уточнения [20]. В частности, подтверждена устойчивость общего циклонического круговорота вод в Черном море в форме ОЧТ. В то же время не обнаружено стабильного наличия восточного и западного круговоротов (субкруговоротов), представленных на традиционных схемах черноморской циркуляции. Получено подтверждение того, что бровка шельфа не представляет существенной преграды для водообмена в системе шельф – открытое море. Была показана очень высокая скорость орбитального движения (0,6 – 0,8 м/с, «батумский» антициклон).



**Рис. 7.** Дрифтерное «спагетти», построенное на основе данных от запуска 94 дрифтеров в период 1999 – 2014 гг.

Большой вклад в изучение термической активности Черного моря сделан на основе термопрофилирующих дрифтеров [21]. Для примера на рис. 8 показаны результаты охлаждения (август – декабрь) и прогрева (январь – апрель) верхнего деятельного слоя моря в 2007 – 2008 гг., полученные с использованием буев с термокосами.

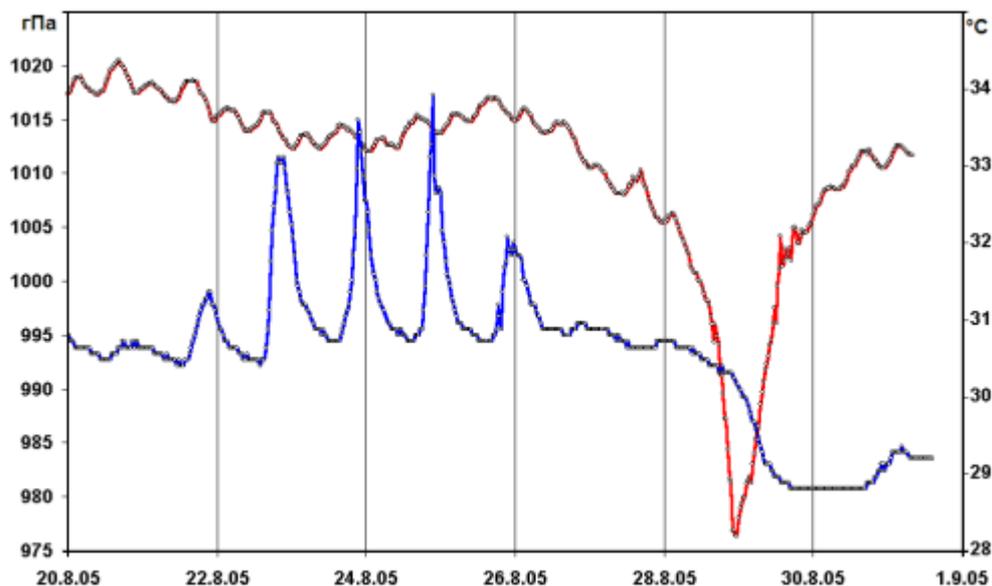


**Рис. 8.** Результаты охлаждения (август – декабрь) и прогрева (январь – апрель) верхнего деятельного слоя Черного моря в 2007 – 2008 гг.

В то же время материалы исследований содержат много информации, еще не востребованной для физического анализа. Например, сезонные и межсезонные особенности формирования холодного промежуточного слоя, теплоперенос в различное время года, влияние атмосферного давления на циркуляцию различных масштабов и многое другое. Для того чтобы систематизировать результаты выполненных экспериментов для облегчения последующего анализа, создана база данных дрейферных исследований в море [22]. По результатам этих исследований в 1999 г. была защищена докторская диссертация [23].

**2005 г. Ураган «Катрина».** В период 2004 – 2006 гг. в западной части тропической зоны Атлантики совместно с коллегами из США выполнялся пилотный проект, получивший название *Storm Buoy* («Штормовой буй»). Суть проекта состояла в изучении причин зарождения тропических ураганов. С этой целью была разработана версия барометрического *SVP-B*-буя с двумя режимами работы, стандартным и штормовым. В стандартном режиме измерения проводились каждый час, как это принято в дрейферной сети. В штормовом режиме буй самостоятельно переключался на 15-минутный интервал измерений. Для проведения работ в западной части Тропической Атлантики был организован специальный полигон, где буи расставлялись путем самолетного запуска перед началом ураганного сезона.

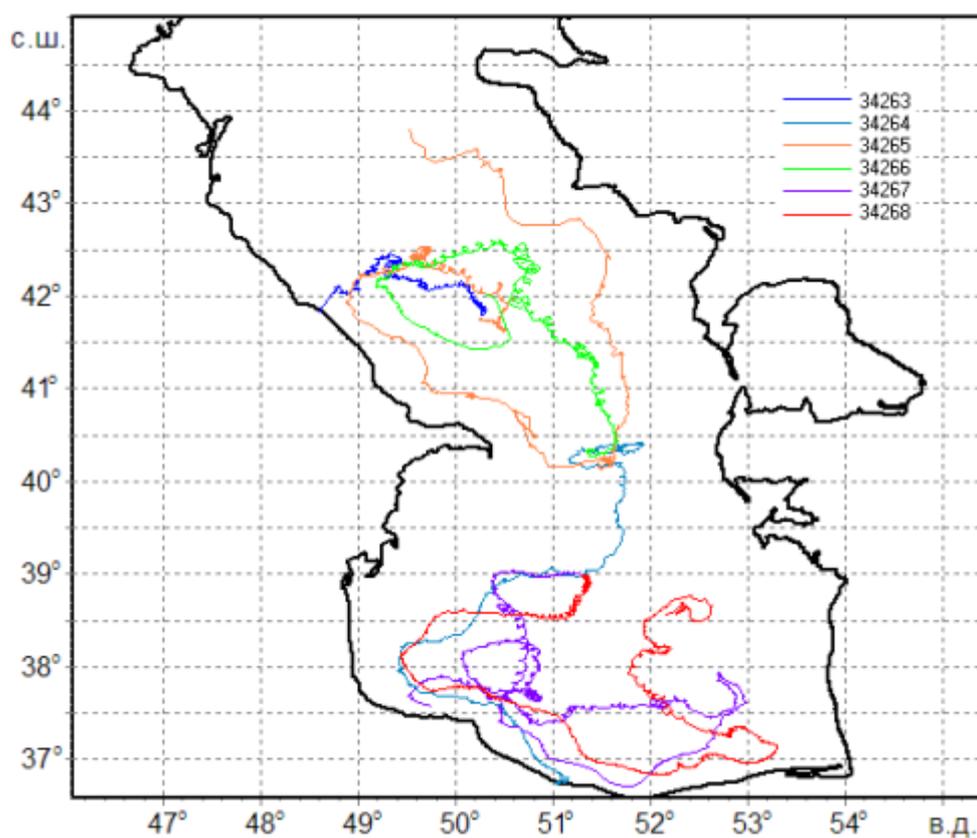
Один из наиболее интересных результатов получен при прохождении урагана «Катрина» над нашим буем в конце августа 2005 г. (рис. 9). Красной линией обозначена изменчивость атмосферного давления перед, во время и после прохождения урагана. Прослеживается характерная для зоны тропической конвергенции полусуточная цикличность давления. Синяя линия соответствует изменчивости температуры воды в поверхностном слое.



**Рис. 9.** Фиксация изменчивости поверхностной температуры (синяя линия) и атмосферного давления (красная линия) во время прохождения тропического урагана «Катрина»

Существенные суточные всплески температуры связаны, по всей видимости, с характерным спокойным состоянием океана во время, предшествующее приходу урагана, когда существует слабовыраженный турбулентный обмен в верхнем слое и соответственно – интенсивный прогрев воды. С использованием полученных данных в Массачусетском технологическом институте (США) на основе таких характеристик температурной изменчивости, как амплитуда и крутизна, разработаны специальные индексы, позволяющие оценить возможную мощность приближающегося урагана. В результате этих работ создана новая технология предупреждения о тропических штормах, изучены процессы их возникновения и эволюции [24].

**2006 г. Каспийское море.** Первый каспийский дрейферный эксперимент с использованием *SVP-B*-дрейферов с дополнительным датчиком температуры, установленным на глубине 12 м, выполнен в 2006 – 2008 гг. [25]. Эксперимент проводился в два этапа. На первом этапе в октябре 2006 г. было развернуто три дрейфера; на втором в июле 2008 г. – еще три дрейфера. Траектории дрейфа буев показаны на рис. 10.



**Рис. 10.** Траектории дрейфов буев *SVP-BT* в Каспийском море в 2006 – 2008 гг. Крупными маркерами указаны точки развертывания

Анализ траекторий дрейфтеров, развернутых в южной части Каспийского моря, позволяет предположить существование там относительно устойчивой циклонической циркуляции поверхностных вод. Кроме параметров течений были получены долговременные ряды данных с интервалом 1 ч об атмосферном давлении, температуре поверхности моря и воды на глубине 12 м.

**2007 г. Южный океан.** Примерно в 2004 – 2005 гг. стало ясно, что возможности доплеровской спутниковой системы связи *Argos-2* близки к предельным режимам функционирования по пропускной способности, неразрывности данных в любых метеоусловиях, своевременности доставки результатов измерений пользователям. Поэтому был выполнен пилотный проект по созданию и испытанию буйев, адаптированных для передачи данных через спутниковую систему связи *Iridium*.

Запуски разработанных нами буйев осуществлялись в 2009 – 2010 гг. в Южном океане, известном своими суровыми погодными условиями. Было установлено, что время работы буйев, оснащенных терминалами *Iridium* и *GPS*-приемниками, достигает 1250 сут, что более чем на 50% превышает аналогичный показатель других разработчиков [26]. На рис. 11 показана траектория *Iridium/GPS*-буйа, запущенного в Южном океане, на вставке – детализированный фрагмент дрейфа на основе *GPS*-данных.

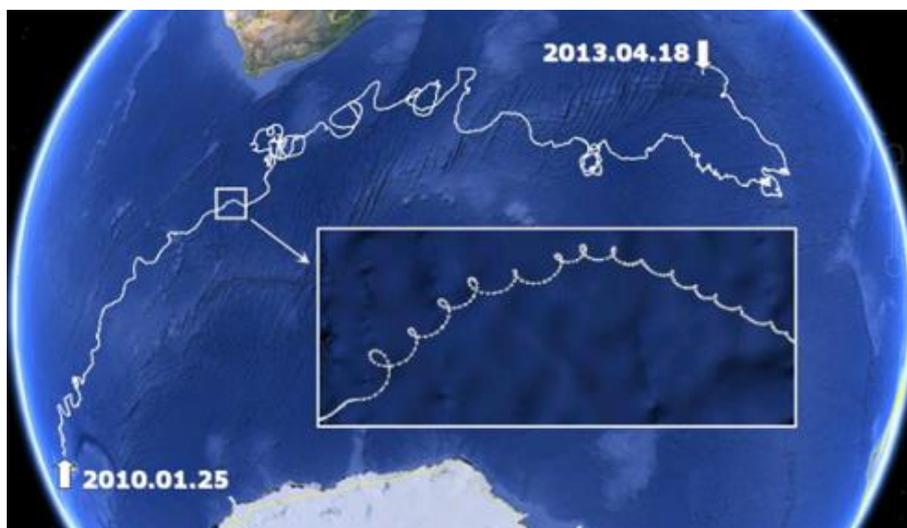
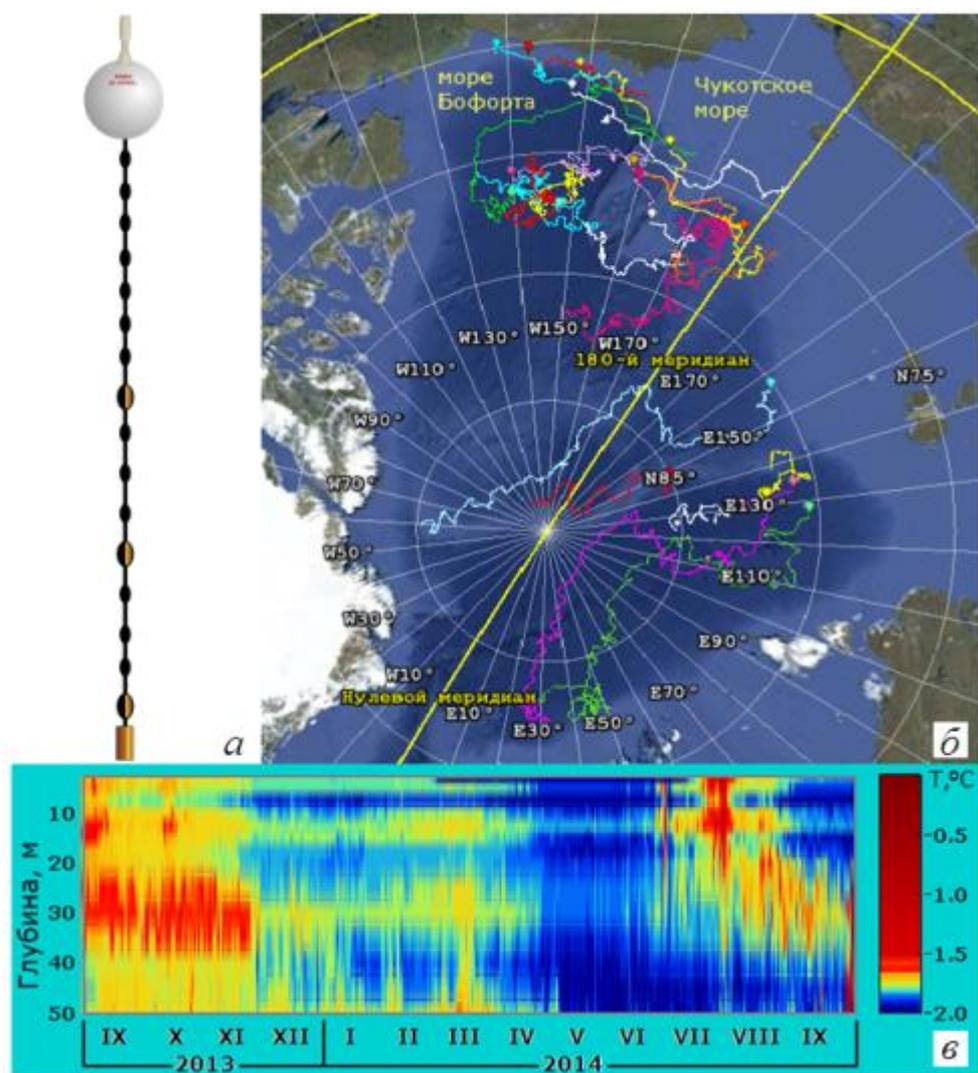


Рис. 11. Траектория движения буйа *Iridium/GPS* в Южном океане в течение 1250 сут

Разработаны новая аппаратура и способы передачи данных и определения координат в условиях, когда буй из-за постоянных штормов значительное время находился под водой. Подтверждено, что погрешность измерения атмосферного давления не превышает  $\pm 1$  гПа при высоте волн до 14 м. При таких условиях функционирования буй был способен передать на берег не менее 98% часовых измерений и 96% – *GPS*-обсерваций, что полностью соответствует требованиям оперативных наблюдений в рамках глобальной дрейфтерной сети.

**2011 г. Арктика.** В 2011 г. начались разработки приборов, адаптированных для применения в полярных условиях. В 2012 – 2016 гг. проведены их успешные испытания в Арктике [27]. Было подтверждено, что буи успешно работают в самых жестких метеорологических условиях (экстремальные штормы, ураганы, низкие температуры, сильный ветер и т. д.). С 2011 г. по настоящее время изготовлены и поставлены около 400 различных буев для изучения движения айсбергов, ледовых полей, ледников, условий обитания морских животных, изменчивости толщины льда и др.



**Рис. 12.** Структура «ледового» термопрофилирующего дрейфера типа *SVP-BTC60/GPS/ice* (а); траектории «ледовых» термопрофилирующих дрейферов МГИ, развернутых в Арктическом регионе в 2012 – 2016 гг. (б); термическая структура подледного слоя океана в районе Северного полюса по данным дрейфера № 246740 (в)

Наиболее востребованными оказались уникальные буи с термокосоми, предназначенные для термических измерений в толще воды подо льдом. Всего было запущено 30 таких буюв. На рис. 12 показана структура буюа, дрейфтерное «спагетти» из 30 буюв, установленных на льду, и фрагмент временной изменчивости температуры по глубине. По результатам этих экспериментов и с целью дальнейшего физического анализа подготовлен банк данных по Арктике [28].

**Заключение.** Цикл выполненных работ в период 1973 – 2016 гг. обеспечил создание дрейфтерной технологии мирового уровня для решения различных научных и прикладных задач. Результаты исследований активно используются для нужд Российской Федерации и глобальной дрейфтерной программы. Перспектива дальнейших работ связана с национальными задачами по изучению Арктики и других регионов Мирового океана, с участием в национальных и международных проектах по калибровке спутниковых бортовых систем дистанционного зондирования Земли, а также с валидацией результатов численного моделирования для уточнения прогноза изменчивости морской среды.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *А. с. № 864183 (СССР). Следящий цифровой фазометр / С.В. Мотыжев, Г.А. Острецов. – Оpubл. 15.09.81. Бюл. № 34.*
2. *Греку Р.Х., Мотыжев С.В., Острецов Г.А. и др. Опыт использования глобальной радионавигационной системы «Омега» в гидрофизических исследованиях // Морские гидрофизические исследования. – Севастополь: МГИ АН Украины, 1978. – № 3. – С. 198 – 204.*
3. *А. с. № 1486952 (СССР). Устройство для преобразования в код сопротивлений регулирующих резисторов / В.Г. Брандорф, В.Л. Котляров, С.В. Мотыжев. – Оpubл. 30.06.89. Бюл. № 22.*
4. *А. с. № 978090 (СССР). Приемник радионавигационной системы / В.Л. Котляров, С.В. Мотыжев, Л.В. Ольшевская и др. – Оpubл. 30.11.82. Бюл. № 44.*
5. *А. с. № 1187099 (СССР). Устройство для дискретной регулировки фазы / В.Л. Котляров, С.В. Мотыжев, Л.В. Ольшевская. – Оpubл. 23.10.85. Бюл. № 39.*
6. *А. с. № 1047774 (СССР). Поверхностный дрейфующий океанографический буй / С.В. Мотыжев, Н.И. Киященко, Н.А. Тешин и др. – Оpubл. 15.10.83. Бюл. № 38.*
7. *Мотыжев С.В. Методика изучения подповерхностных течений деятельного слоя океана с помощью дрейфующих буюв // Методы обработки космической океанологической информации. – Севастополь: МГИ АН Украины, 1983. – С. 99 – 106.*
8. *Мотыжев С.В. Подспутниковые дрейфующие буи для измерения течений и температуры в деятельном слое океана // Автореф. дис. ... канд. техн. наук. – Севастополь: МГИ АН Украины, 1986. – 23 с.*
9. *Мотыжев С.В., Бехтерев Ю.И., Котляров В.Л. и др. Измерение течений по дрейфу подспутниковых буюв // Исследование Земли из космоса. – 1987. – № 2. – С. 466 – 471.*
10. *Булгаков Н.П., Еремеев В.Н., Мотыжев С.В. Межпассатное противотечение в Атлантическом океане по наблюдениям за дрейфтерами // Морской гидрофизический журнал. – 1993. – № 3. – С. 53 – 63.*

11. *Гришин Г.А., Макеев И.Г., Мотыжев С.В.* Наблюдения циркуляции в западной части Черного моря дистанционными методами // Там же. – 1990. – № 2. – С. 54 – 62.
12. *Гришин Г.А., Еремеев В.Н., Мотыжев С.В.* О гравитационной неустойчивости Основного Черноморского течения // Докл. Академии наук СССР. – 1989. – 306, № 2. – С. 466 – 471.
13. *Гришин Г.А., Калинин Е.И., Мотыжев С.В. и др.* Температурные особенности Черного моря по данным спутниковых и контактных измерений в зимний период // Исследование Земли из космоса. – 1993. – № 2. – С. 3 – 10.
14. *А. с. № 1308870.* Способ определения величины объемной деформации корпусов буйей нейтральной плавучести / С.В. Мотыжев, В.С. Чечеткин, Н.А. Тешин и др. – Оpubл. 07.05.87. Бюл. № 17.
15. *Davis R.E.* Observing the general circulation with floats // Deep-Sea Res. Part A. Oceanogr. Res. Pap. – 1991. – 38, suppl. 1. – P. S531 – S571.
16. *А. с. № 1228386 (СССР).* Подповерхностный дрейфующий буй / С.В. Мотыжев, Н.А. Тешин. – Зарег. 03.01.86.
17. *А. с. № 1482077.* Буй / С.В. Мотыжев, В.И. Павлов, Н.А. Тешин и др. – Зарег. 22.01.89.
18. *Ball G., Motyzev S., Lunev E., Tolstosheev A.* Observing the Southern Ocean and beyond with an extremely long-lived drifting buoy // Argos Forum. – 2015. – № 80. – С. 6 – 7.
19. *Мотыжев С.В., Лунев Е.Г., Толстошеев А.П.* Развитие дрейферных технологий и их внедрение в практику океанографических наблюдений в Черном море и Мировом океане // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа. – Севастополь: МГИ НАН Украины, 2011. – Вып. 24. – С. 259 – 272.
20. *Poulain P.M., Barbanti R., Motyzev S., Zatsepin A.* Statistical description of the Black Sea near-surface circulation using drifters in 1999 – 2003 // Deep-Sea Res. Part I. – 2005. – 52, Iss. 12. – P. 2250 – 2274.
21. *Толстошеев А.П., Лунев Е.Г., Мотыжев С.В.* Развитие средств и методов дрейферной технологии применительно к проблеме изучения Черного моря // Океанология. – 2008. – 48, № 1. – С. 149 – 158.
22. *Свидетельство* о государственной регистрации базы данных № 2016620404. База данных оперативных дрейферных наблюдений по Черноморскому региону / С.В. Мотыжев, А.П. Толстошеев, Е.Г. Лунев, Т.М. Баянкина и др. – Морской гидрофизический институт РАН. – Дата государственной регистрации в Реестре баз данных 01 апреля 2016 г.
23. *Мотыжев С.В.* Спутниковая дрейферная технология для изучения океана и атмосферы // Автореф. дис. ... д-ра техн. наук. – М.: Институт океанологии РАН, 1999. – 35 с.
24. *Motyzev S., Horton E., Lunev E. et al.* New development to progress Smart Buoy Idea // Technological Developments and Applications of Data Buoys for Tsunami Monitoring, Hurricane and Storm Surge Prediction. – UNESCO DBCP CD ROM Tech. Doc. Ser. – 2006. – № 30. – P. 1 – 8.
25. *Иванов В.А., Мотыжев С.В., Толстошеев А.П., Лунев Е.Г.* Дрейферный мониторинг Каспийского моря // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа. – Севастополь: МГИ НАН Украины, 2011. – Вып. 24. – С. 288 – 298.
26. *Мотыжев С.В., Лунев Е.Г., Толстошеев А.П., Литвиненко С.Р.* Результаты применения спутниковой системы связи *Iridium* для задач дрейферного обеспечения работ в океане // Там же. – Севастополь: МГИ НАН Украины, 2010. – Вып. 23. – С. 217 – 227.

27. Мотыжев С.В., Лунев Е.Г., Толстошеев А.П., Быков Е.М. Опыт применения термопрофилирующих дрейфтеров для исследований арктического региона Мирового океана // Арктика: экология и экономика. – 2016. – № 1 (21). – С. 38 – 45.
28. Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2016620880. База данных оперативных дрейфтерных наблюдений по региону Арктики / С.В. Мотыжев, А.П. Толстошеев, Е.Г. Лунев, Т.М. Баянкина и др. – Морской гидрофизический институт РАН. – Дата государственной регистрации в Реестре баз данных 28 июня 2016 г.

## **Creation of the drifter technology to monitor the ocean and the atmosphere**

**S.V. Motyzhev**

*Marine Hydrophysical Institute, Russian Academy of Sciences, Sevastopol, Russia  
e-mail: motyzhev@marlin-yug.com*

In the early 70s, XX century, the tools for studying the World Ocean (besides the already existing research vessels equipped with celestial navigation) were expanded with automatic buoys and remote sensing technologies. The investigations resulting in designing the drifting surface and subsurface buoys, and in subsequent development of the methods and instruments for calibration and validation of the remote sensing systems, and numerical modeling are shown. A cycle of researches carried out within the framework of the international drifter-designing activity is represented. The results of the studies substituting innovation development and import replacement – the tasks of particular importance in Russia – are noted.

**Keywords:** drifting buoys, drifters, measurements, currents, satellite communications and locations, control of buoyancy, balloons.