

# Автоматизация научных исследований морей и океанов

УДК 551.46.085+551.46.073.52

Е.Г. Лунев\*, В.А. Иванов\*, А.Г. Кириченко\*\*, Е.М. Лемешко\*,  
С.В. Мотыжев\*

## Дрифтерная измерительно-информационная система для мониторинга течений в прибрежной зоне моря

Автономные дрейфующие буи с каналом спутниковой связи стали одним из важнейших компонентов глобальной системы оперативных наблюдений океана и приземной атмосферы. Однако на региональном уровне не менее важной задачей является изучение циркуляции поверхностных вод в прибрежной зоне и морских проливах, где невозможно применение имеющихся дрейфтеров в силу их габаритов и большой дискретности при проведении измерений.

В работе приведены результаты разработки и испытания новой дрейфтерной системы для измерения течений на основе буев, способных работать на глубинах до 1 м. Для увеличения пространственно-временного разрешения измерений буи оснащены приемниками глобальной системы позиционирования *GPS* и модемами передачи данных через сеть сотовой связи стандарта *GSM*. Дрифтерная система обеспечивает определение координат буев с разрешением 3 мин во времени и 14 м в пространстве. В статье описаны технические особенности разработки дрейфтерной измерительно-информационной системы, а также представлены первые результаты применения буев, получивших название «минидрейфтеры», при пилотном мониторинге течений в Керченском проливе.

### Введение

Изучение крупномасштабной циркуляции вод Черного моря выполнялось в течение длительного времени. Тем не менее, как отмечается в [1], продолжает оставаться актуальной задача исследования характеристик течений в прибрежных зонах, в том числе в проливах. Экономическая и рекреационная значимость, экологическое состояние прибрежных зон, усиливающийся антропогенный пресс обуславливают необходимость уточнения представлений о локальных системах течений и подтверждения адекватности результатов численного моделирования динамики вод с привлечением массивов экспериментальных данных.

Для измерения параметров течений *in situ* используют разные методы и технические средства. Среди них активно применяются системы на основе автономных дрейфующих буев, которые позволяют с помощью прямых инструментальных измерений определять скорость и направление потоков поверхностных вод. Этому способствовало появление спутниковых систем для передачи данных с буев и определения их координат. Такая техника дала возможность полностью автоматизировать процедуру дрейфтерных измерений и исключить необходимость дополнительного судового обеспечения.

© Е.Г. Лунев, В.А. Иванов, А.Г. Кириченко, Е.М. Лемешко, С.В. Мотыжев, 2010

## Особенности дрейферных измерений в прибрежной зоне

Первые эксперименты с применением автономных дрейфующих буйев были проведены в Черном море в 1985 – 1993 гг., когда использовались поплавки ЛОБАН (легкий одноразовый буй с автоматической навигацией), оснащенные аппаратурой передачи данных измерений и определения координат через доплеровскую спутниковую систему КОСПАС – SARSAT (космическая система поиска аварийных судов – *Search And Rescue Satellite-Aiding Tracking*) [2, 3]. Начиная с 1999 г. в Черноморском регионе был начат многолетний дрейферный мониторинг с использованием так называемой дрейферной технологии WOCE [4], которая предполагает применение дрейферов со сферическим поплавком и цилиндрическим вертикально ориентированным подводным парусом [5, 6]. Для передачи данных использовалась международная система спутниковой связи «Argos» [7].

**Пространственно-временное разрешение измерений прибрежных течений.** При исследованиях скорости и направления течений в прибрежных зонах и морских проливах предъявляются особые требования к техническим параметрам дрейфующих буйев. Это связано с небольшими размерами акваторий исследований, достаточно высокими скоростями течений, возможностью выноса буя на берег и другими факторами, влияющими на порядок планирования и выполнения работ по изучению течений в таких условиях. Для обеспечения дрейферного мониторинга надлежащего качества необходима оценка такого важнейшего параметра, как допустимое пространственно-временное разрешение измерений циркуляций поверхностных вод, достижимое за счет контроля движения буйев. Определяющими здесь являются два параметра: погрешность измерения текущих координат буя (пространственное разрешение) и период определения координат (временное разрешение). Очевидно, что эти два взаимосвязанных параметра нужно согласовывать как с изменчивостью исследуемых процессов, так и с техническими возможностями средств, которые могут быть привлечены для решения поставленной задачи.

Достижение максимально возможного пространственно-временного разрешения измерения течений с помощью дрейфующих буйев определяется, во-первых, величиной погрешности системы позиционирования, установленной на бую, во-вторых, пропускной способностью канала связи, через который данные измерений с необходимой дискретностью передаются в береговые центры.

Из доступных средств позиционирования на сегодня оптимальным является глобальная спутниковая навигационная система GPS. Приемники этой системы имеют небольшие размеры (даже с учетом антенны), низкое энергопотребление и, самое главное, обеспечивают высокую точность и частоту определения координат. Так, приемники, установленные на буюх, обеспечивают границы погрешности определения координат не больше  $\pm 10$  м (<http://trl.trimble.com/docushare/dsweb/Get/Document-184028/Lassen+iQ+v9.pdf>). Для сравнения, спутниковая система «Argos» в лучшем случае позволяет определить координаты с погрешностью  $\pm 150$  м, причем дискретность при получении координат может достигать нескольких часов.

Если принять величину  $R_{\text{ош}} = 10$  м в качестве среднеквадратичного радиуса ошибки обсерваций, то неоднозначность в местоположении буя ограничивается окружностью с радиусом 10 м относительно точки, фиксируемой приемником *GPS*. Следующая обсервация через некоторое время даст такую же неоднозначность в определении местоположения буя. Для идентификации его движения, обусловленного дрейфом, а не случайным разбросом смежных координат, используем порог разрешения  $l_p$  как сумму квадратов среднеквадратичных погрешностей, или  $l_p = R_{\text{ош}} \sqrt{2}$ , что для обозначенной выше погрешности *GPS*-обсерваций соответствует примерно 14 м. Если дистанция между смежными обсервациями равна порогу разрешения или превышает его, то с определенной долей вероятности можно говорить, что наблюдается движение буя, а не разброс в координатах. Таким образом, пространственное разрешение при использовании приемника *GPS* на прибрежном буе составляет 14 м.

Временное разрешение определим как отрезок времени  $t_p$ , в течение которого буй перемещается на расстояние  $l_p = 14$  м, что рассчитывается как  $t_p = l_p / V_{\text{др}} = R_{\text{ош}} \sqrt{2} / V_{\text{др}}$  (где  $V_{\text{др}}$  – скорость дрейфа буя). Соответственно, принимая в качестве минимальной скорости течения  $V_{\text{др}} = 10$  см/с, получим временное разрешение  $t_p = 140$  с, т. е. порядка 2 ... 3 мин. Примем временной интервал, равный 3 мин, в качестве необходимого периода проведения измерений координат буя.

Спутниковая система «Argos», широко используемая для работ с дрейфующими буями, здесь неприменима из-за ряда технических ограничений. В то же время применение других спутниковых систем, допускающих передачу данных с такой регулярностью (например, «Iridium» [8]), экономически нецелесообразно. Вместе с тем практически все прибрежные зоны Черного моря имеют устойчивое покрытие сотовой связью стандарта *GSM*, обеспечивающей возможность передачи цифровой информации при относительно низкой стоимости трафика. Именно этот путь был выбран для передачи данных с прибрежных дрейфующих буйев, которые в последнее время иногда называют минидрифтерами из-за небольших размеров.

Таким образом, предложенный поверхностный дрейфующий буй (минидрифтер) для изучения прибрежных течений должен быть оснащен приемником *GPS* для определения координат и терминалом сотовой сети для передачи результатов измерений в центр сбора и обработки данных. Пространственное разрешение такого метода измерений составляет величину порядка 14 м, а временное разрешение – 3 мин.

### **Дрифтерная измерительно-информационная система для прибрежных измерений**

**Состав и принцип действия системы.** Структура разработанной системы, включающей прибрежные дрейфующие буи, представлена на рис. 1. В состав системы входят: поверхностные дрейфующие буи (ДБ), основная приемная станция (ОПС), дополнительная приемная станция (ДПС) и оператор сотовой связи *GSM*. Система работает следующим образом. Буи после запуска осуществляют измерения в районе работ в режиме свободного дрейфа и

транслируют данные по сотовой сети *GSM* в масштабе времени, близком к реальному, по двум адресам – на ОПС и ДПС. Роль ОПС выполняет модем сотовой связи, объединенный с персональным компьютером со специализированным программным обеспечением, позволяющим производить визуализацию района исследований и отображать траектории движения буев. Одновременно происходит накопление данных, поступающих с 3-минутным интервалом от одного или нескольких буев. Основная станция может быть либо установлена в месте проведения работ, в том числе на обеспечивающем судне, либо расположена удаленно. Данные на ОПС с буев могут поступать как в виде сообщений *SMS*, так и в форме электронных писем через сеть Интернет.



**Р и с. 1.** Структурная схема измерительно-информационной системы на основе прибрежных минидрифтеров

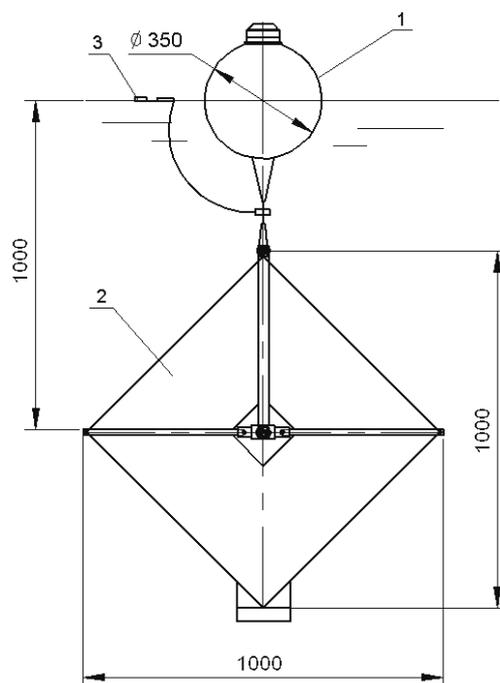
ДПС предназначена для контроля работоспособности буя перед и после запуска в море, а также для оперативной оценки поступающих с буев данных. Дополнительная приемная станция представляет собой мобильный модем стандарта *GSM* (смартфон) с возможностью автоматической записи входящих данных, их накопления и архивирования на съемном носителе информации в виде встроенной карты флэш-памяти. В общем случае смартфон может быть расположен в любом месте в зоне покрытия сети, однако этот компактный прибор удобнее всего использовать оператору на судне для мониторинга работоспособности и дислокации буев, а также для резервного приема и накопления данных, которые после окончания эксперимента могут быть перенесены для обработки на ПЭВМ.

Дрифтерные прибрежные эксперименты, в отличие от работ в открытом море, требуют попутного судового обеспечения. Последнее необходимо для оперативного вмешательства в ход эксперимента, например в случае угрозы

выхода буя на берег или входа в территориальные воды соседней страны, что возможно, в частности, в Керченском проливе. Однако это не значит, что судно должно непрерывно следовать рядом с буюм. Такая форма контроля вообще не имеет смысла, если в ходе эксперимента запускается несколько буюв, каждый из которых перемещается по своей траектории. Обеспечивающее плавсредство, например маломерный скоростной катер или надувная моторная лодка, может находиться в какой-то точке, где оператор отслеживает на электронной карте движение буюв в реальном времени. В случае необходимости катер может быстро переместиться к тому или другому бую для его извлечения из воды и перестановки в другую точку. Необходимость применения обеспечивающего плавсредства ограничивает в случае ухудшившихся метеоусловий использование системы в целом. Если буй способен работать в самых сложных погодных условиях, то для небольшого катера такими ограничениями будут шторм до 4 баллов и/или ветер до 15 м/с.

### Конструкция дрейфтера

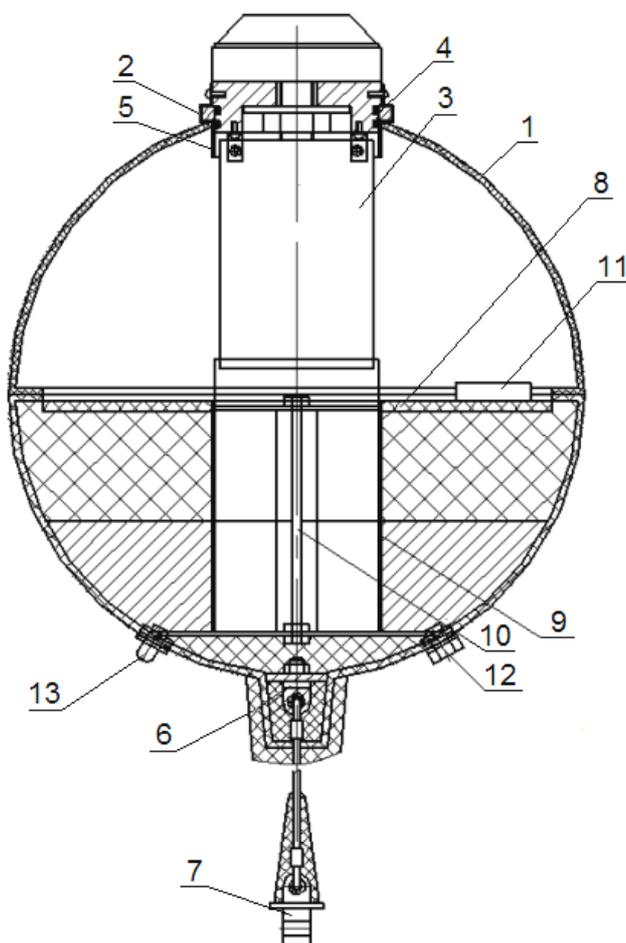
Конструкция дрейфтера была разработана с учетом требований компактного хранения, необременительности при постановке, извлечении из воды и подъеме на борт судна. По техническим характеристикам дрейфтера предусмотрена возможность исследования движения водных масс на глубине от 1 до 5 м. Основными элементами дрейфтера (рис. 2) являются сферический поверхностный поплавок 1, подводный парус 2, соединенный с поплавком через строп, и плавучий фал 3 для подъема дрейфтера из воды.



Р и с. 2. Конструкция прибрежного дрейфующего буя

Если парус необходимо расположить глубже 1 м, то его размеры должны быть увеличены в зависимости от изменения соотношения гидродинамического сопротивления паруса и элементов дрефтера, находящихся выше него. Для уменьшения размеров дрефтера при транспортировке парус выполнен в виде складной конструкции, подобно зонтику. Перед длительным хранением или транспортировкой он отсоединяется от поверхностного буйа. Постановка и подъем дрефтера могут производиться с любых плавсредств.

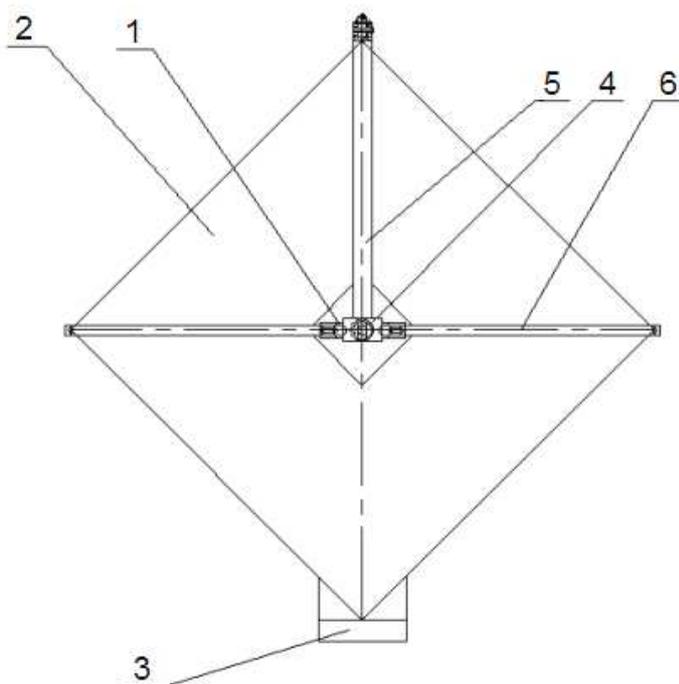
**Конструкция поверхностного поплавка.** Поверхностный поплавок предназначен для обеспечения плавучести дрефтера, а также размещения в нем навигационной и телеметрической систем, измерительных датчиков и блока питания. Поплавок позволяет установить необходимое возвышение антенны над уровнем моря, достаточное для устойчивой связи в условиях волнения. Внешний вид поплавка показан на рис. 3. На поплавке нанесены предупреждающие надписи на английском и французском языках о том, что это метеорологический буй.



**Р и с. 3.** Конструкция поверхностного поплавка

Поверхностный поплавок состоит из стеклопластикового сферического корпуса 1 с расположенной в его верхней части крышкой 2, на которую изнутри монтируется электронный блок 3. Водонепроницаемость электронного блока обеспечивают два кольца круглого сечения 4. Электронный блок крепится к крышке с помощью специальных скоб 5. Нижняя полусфера буя имеет стакан с рымом 6 для гибкой сцепки через трос с рымом 7 паруса. Стакан заполнен эпоксидным компаундом и закрывается диском 8, на котором установлен корпус 9 блока питания. В центре корпуса проходит стержень 10 с гайкой для фиксации блоков питания. Снаружи корпуса 9 располагается балласт, залитый полиуретановой пеной для исключения его перемещений и закрытый диском 8. На этом диске находится плата питания 11, связанная с блоками питания и магнитным выключателем 12, в который вмонтирован геркон выключателя питания буя. В нижней полусфере корпуса 1 установлен датчик температуры 13.

**Подводный парус дрейфера.** Парус представляет собой складную конструкцию, обеспечивающую наибольший коэффициент гидродинамического сопротивления при небольших размерах. Подводный парус (рис. 4) состоит из каркаса 1, полотнищ паруса 2 и груза 3. Каркас выполнен из полипропиленовых труб, полотнища – из капроновой ткани. К нижней части каркаса в специальный карман укладывается груз 3 из набора стальных дисков. Основанием каркаса служит крестовина 4, в центре нее размещена штанга 5, к которой с помощью оси крепится рым поверхностного буя. На углах крестовины шарнирно установлены спицы 6, на которых зафиксированы полотнища паруса.



Р и с. 4. Конструкция подводного паруса



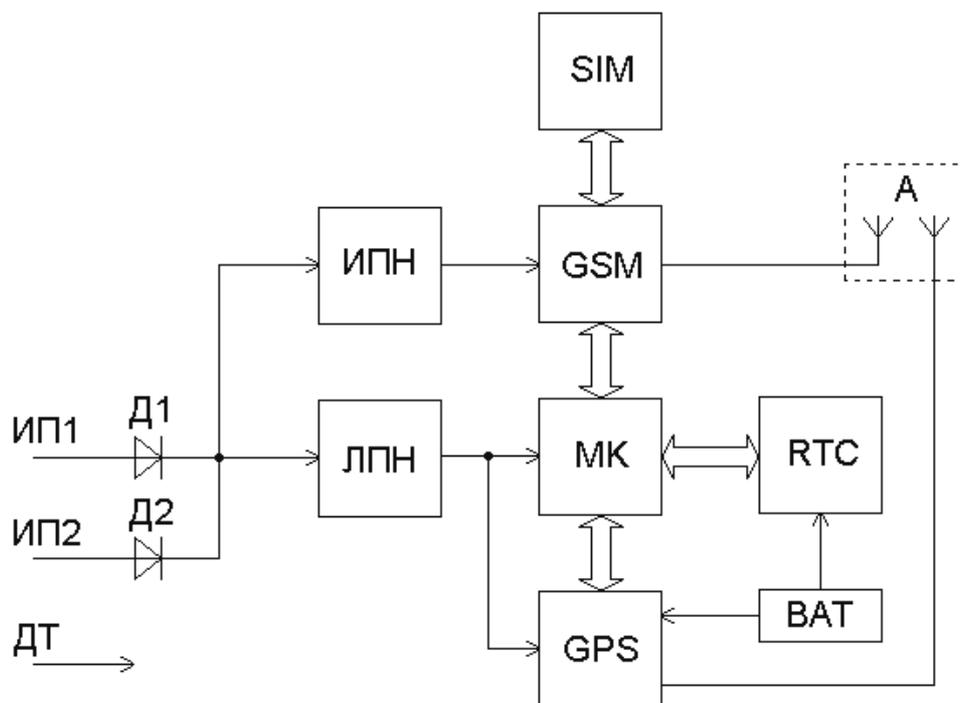
Р и с. 5. Внешний вид прибрежного дрейфера

В дрейфтерной практике принято оценивать буксирные свойства подводного паруса по соотношению гидродинамических сопротивлений подводного паруса и остальных частей буйа (подводной части поплавка, троса и др.). Это соотношение называется *Drag Area Ratio*, или сокращенно *DAR*. Принимается, что если  $DAR \sim 40$ , то такой дрейфтер можно отнести к лагранжевым трассерам, т. е. его перемещение соответствует перемещению окружающей его воды. На основе методики, представленной в [3], можно показать, что для разработанного буйа  $DAR = 40,8$ , что полностью соответствует техническим требованиям, предъявляемым к лагранжевым дрейфтерам. Внешний вид разработанного прибрежного дрейфующего буйа показан на рис. 5.

**Электронный блок буйа.** Буй оснащен *GSM*-модулем *Q2403A* фирмы *Wavcom*, предназначенным для создания беспроводных абонентских терминалов связи и систем беспроводной передачи данных. В качестве навигационного приемника используется *GPS*-модуль *Lassen® iQ* фирмы *Trimble*, характерными особенностями которого являются низкое энергопотребление (около 50 мА вместе с активной антенной) и малые габариты.

На основе выбранных модулей *GSM* и *GPS* была разработана функциональная схема электронного блока буйа, представленная на рис. 6. Как видно из схемы, микроконтроллер (МК) по внутренним шинам данных объединяет модуль приемника *GPS*, модуль модема *GSM* с *SIM*-картой и блок часов реального времени *RTC*. Батарея *BAT* обеспечивает автономное электропитание *GPS* и *RTC*. Модули *GPS* и *GSM* работают с активными антеннами (А), конструктивно выполненными в едином корпусе. Микроконтроллер содержит

постоянное запоминающее устройство, в котором хранится программа, определяющая алгоритм работы всех узлов контроллера. Электропитание функциональных узлов электронного блока обеспечивается импульсным ИПН и линейным ЛПН преобразователями напряжений с возможностью подключения двух внешних источников питания ИП1 и ИП2 через развязывающие диоды Д1 и Д2. Кроме того, предусмотрен разъем для подключения внешнего датчика температуры (ДТ) поверхности моря.



Р и с. 6. Функциональная схема электронного блока буя

Конструктивно электронный блок дрейфующего буя выполнен в виде отдельного модуля (рис. 7), подключаемого через разъемы к антеннам, источнику питания и датчику поверхностной температуры. Чтобы обеспечить работоспособность блока разработана специализированная программа, с помощью которой осуществляется циклический сбор данных о местоположении дрейфтера, уровне напряжения батарей и длительности автономной работы буя на данном блоке питания с оперативной доставкой результатов измерений при помощи *SMS*-сообщений с использованием стандартов протокола *NMEA-0183*.



Р и с. 7. Внешний вид электронного блока буя

**Источник питания буя.** Питание аппаратуры дрейфующего буя осуществляется от сменных блоков питания. Для увеличения времени работы буя в нем установлено два блока питания, соединенных параллельно. Алгоритм функционирования буя оптимизирован, а расход энергии при работе программы контроллера минимизирован. Предусмотрен источник автономного питания для обеспечения резервного электропитания блока часов реального времени *RTC* и модуля *GPS*.

Расход энергии источника контролируется двумя путями: по напряжению батарей и суммарному времени работы буя с момента установки новых батарей. Оба этих параметра передаются оператору в составе телеметрического кадра.

## Испытание минидрифтеров в Керченском проливе

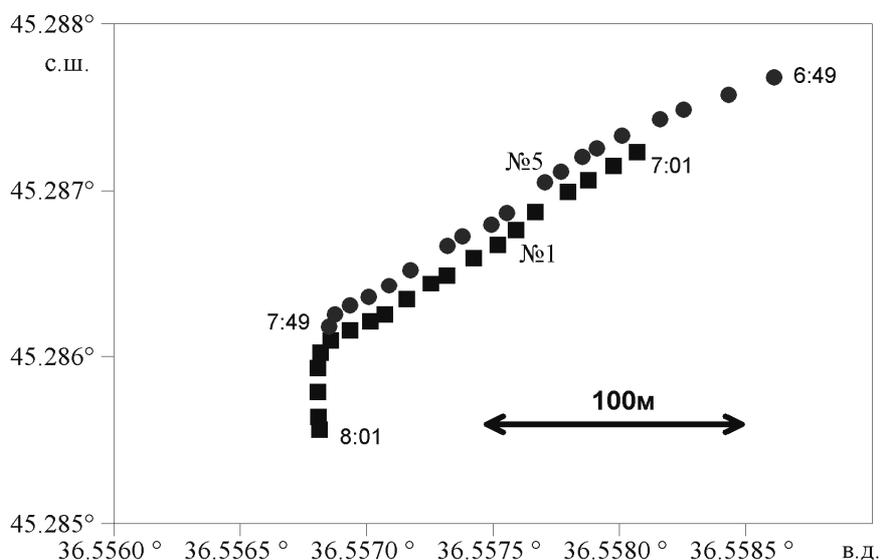
Следует отметить, что течения в Керченском проливе отличаются большой изменчивостью во времени и в пространстве. Анализ данных наблюдений показывает, что даже при одном и том же сравнительно однонаправленном переносе в проливе в каждом конкретном случае происходит отклонение от общей схемы циркуляции в зависимости от сочетания гидрометеорологических факторов, а также от силы и направления ветра. Водообмен вблизи о. Коса Тузла, где проводили несколько серий испытаний дрейфтеров, обусловливается общим переносом вод в проливе и воздействием ветра. Поток воды из Азовского моря, пройдя северную узость пролива, раздваивается в его широкой центральной части, чему способствует положение острова, расположенного поперек пролива. Меньшая ветвь потока, заходящая в Таманский залив, дробится в свою очередь еще на ряд струй, которые проходят непосредственно в Тузлинскую промоину, а часть вод перемешивается с таманскими водами и образует циклонический круговорот. По данным многолетних наблюдений повторяемость течений вблизи о. Коса Тузла составила 60% при средней скорости 23 см/с для азовского потока и соответственно 40% при 19 см/с для черноморского течения [9]. В период первой серии испытаний средние по глубине значения скоростей течений вокруг острова составили 5 – 20 см/с, в то время как средние скорости течений на глубине залегания паруса минидрифтеров составили 6 – 7 см/с.

При подготовке к испытаниям учитывались следующие неблагоприятные факторы: возможность посадки минидрифтера на мель (на глубинах менее 3 м); выход минидрифтера в чужие территориальные воды; выход минидрифтера из зоны покрытия сотовой связью.

Все указанные причины могли привести к утрате минидрифтера. Поэтому методика проведения подобных экспериментов должна предусматривать прогноз возможного дрейфа каждого буя для выбранного района с учетом предполагаемой гидрометеоситуации на конкретный период исследований.

С этой целью для моделирования возможных траекторий дрейфа было адаптировано специализированное программное обеспечение *DROG3D* (<http://www-nml.dartmouth.edu/Software/drog3d/>). В качестве входных данных использовалось прогнозируемое поле скоростей течений на нескольких горизонтах, включающих глубину залегания плавучего паруса минидрифтера. К входным параметрам пакета программ также относятся координаты точек запуска минидрифтеров. При планировании эксперимента были просчитаны возможные траектории дрейфа буюв в районе Керченского пролива при ветрах различного направления и силы. Глубина залегания плавучего паруса составляла 1 м. Для метеорологических условий, близких к реальным в период проведения испытаний (ветер северо-восточный, скорость 5 м/с), в результате моделирования были получены следующие оценки: время дрейфа дрейфтера по всему проливу – 96 ч, расстояние его перемещения по прямой – 15 км, вся длина траектории – 30 км, средняя скорость – 8,1 см/с. Результаты испытаний 25.07.2008 г. двух минидрифтеров в ходе эксперимента по изучению течений в районе о. Коса Тузла приведены на рис. 8, где указано местное время начала и окончания движения дрейфтеров. Минидрифтер № 1 прошел 230,3 м

(средняя скорость 6 см/с), минидрифтер № 5 – 237,6 м (средняя скорость 6,6 см/с). Отметим близость модельных оценок скоростей дрейфтеров к полученным экспериментальным данным.



**Р и с. 8.** Траектории дрейфа двух минидрифтеров в ходе эксперимента по изучению течений в районе о. Коса Тузла в Керченском проливе 25.07.2008 г.

### Заключение

В итоге следует отметить, что впервые в Украине создана измерительно-информационная система с использованием минидрифтеров, оснащенных навигационными приемниками *GPS* и модемами передачи данных через сеть сотовой связи *GSM*. Она является эффективным и недорогим инструментом для изучения течений во внутренних водоемах, в прибрежной зоне и морских проливах, причем не только в Черном море, но и в других морских акваториях, где имеется *GSM*-покрытие. Система успешно прошла морские испытания в ходе пилотного эксперимента по изучению скоростей течений в Керченском проливе и на мелководье вблизи о. Коса Тузла. В ходе эксперимента были отработаны также методические и технологические аспекты проведения измерений с борта маломерного судна на ходу и в дрейфе, в условиях малых глубин от 2 до 12 м. Получены траектории движения дрейфтеров и оценки скоростей течений в проливе в районе о. Коса Тузла. В дальнейшем для более полного изучения пространственной и временной изменчивости динамики вод в проливе и оценивания потока взвешенных веществ через узости и Тузлинскую промоину необходимо проведение ряда экспедиций при различных ветровых ситуациях с большим количеством минидрифтеров.

Авторы признательны рецензенту кандидату физико-математических наук В.В. Пустовойтенко и редакционной коллегии журнала за ценные замечания, которые помогли улучшить структуру статьи, а также проекту *FP6 ECOOP* (контракт № 036355-2) за поддержку Е.М. Лемешко.

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. *Еремеев В.Н., Иванов В.А., Ильин Ю.П.* Океанографические условия и экологические проблемы Керченского пролива // Морской экологический журнал. – 2003. – 2, № 3. – С. 27 – 40.
2. *Гришин Г.А., Макеев И.Г., Мотыжев С.В.* Наблюдения циркуляции в западной части Черного моря дистанционными методами // Морской гидрофизический журнал. – 1990. – № 2. – С. 54 – 62.
3. *Мотыжев С.В.* Исследование поверхностной циркуляции в Черном море с помощью дрейфующих буев со спутниковой связью // Там же. – 1998. – № 6. – С. 65 – 71.
4. *Sybrandy A.L., Niiler P.P., Martin C. et al.* Barometer Drifter Design Reference // UNESCO DBCP Technical Document Report № 4. Revision 2.2. – 2009.
5. *Poulain P.-M., Barbanti R., Motychev S. et al.* Statistical description of the Black Sea near-surface circulation using drifters in 1999 – 2003 // Deep-Sea Res. Part I. – 2005. – P. 2250 – 2274.
6. *Толстошеев А.П., Лунев Е.Г., Мотыжев В.С.* Развитие средств и методов дрейфтерной технологии применительно к проблеме изучения Черного моря // Океанология. – 2008. – 48, № 1. – С. 149 – 158.
7. *Ortega C., Woodward B.* Argos data transmission: Strategies and performance // Development in Buoy Technology, Communication, Science and Data Application. Article № 17. – CD-ROM DBCP Technical Document Series № 21. – 2002.
8. *Heinmiller R., Ngoc Hoang, Piotrowicz S.* A system for the delivery of data from remote, unattended platforms using the Iridium Low Earth Orbit Satellite System // Development in Buoy Technology, Communication, Science and Data Application. Article № 16. – CD-ROM DBCP Technical Document Series № 21. – 2002.
9. *Альтман Э.Н.* Динамика вод Керченского пролива // Гидрометеорология и гидрология морей СССР. Т. IV. Черное море. – Л.: Гидрометеиздат, 1991. – С. 291 – 328.

Морской гидрофизический институт НАН Украины,  
Севастополь  
\*\* ООО «НПФ Марлин-Юг»,  
Севастополь  
E-mail: motychev@marlin-yug.com

Материал поступил  
в редакцию 05.05.09  
После доработки 22.06.09

АНОТАЦІЯ Автономні дрейфуючі буї з каналом супутникового зв'язку стали одним з найважливіших компонентів глобальної системи оперативних спостережень океану і приповерхневої атмосфери. Проте на регіональному рівні не менш важливою задачею є вивчення циркуляції поверхневих вод у прибережній зоні та морських протоках, де неможливе застосування наявних дрейфтерів через їх габарити і велику дискретність при проведенні вимірювань.

У роботі наведені результати розробки і випробування нової дрейфтерної системи для вимірювання течій на основі буїв, здатних працювати на глибинах до 1 м. Для збільшення просторово-часової роздільної здатності вимірювань буї оснащені приймачами глобальної системи позиціонування *GPS* і модемами передачі даних через мережу стільникового зв'язку стандарту *GSM*. Дрейфтерна система забезпечує визначення координат буїв з роздільною здатністю 3 хв у часі та 14 м у просторі. У статті описані технічні особливості розробки дрейфтерної вимірювально-інформаційної системи, а також перші результати застосування буїв, що отримали назву «мінідрейфтери» при пілотному моніторингу течій в Керченській протоці.

ABSTRACT Autonomous drifting buoys equipped with satellite communication have become one of the most important components of global ocean and near-surface atmosphere observing system. However regional investigation of currents in the coastal areas and straits is also very important though the available drifters are not applicable there due to their overall dimensions and long interval between samples.

The paper represents the results of development and tests of a new drifter system based on the drifters which can function on the depths less than 1 m. To increase space-time measurement resolution, the buoys are equipped with *GPS* receivers and *GSM* modems for data transfer via cellular network. Space and time resolutions provided by the drifter system are 14 m and 3 min, respectively. Technical features of the measuring-informational system as well as pilot results of application of the buoys (called «mini-drifters») for studying the currents in the Kerch strait are presented in the paper.