

С.В. Мотыжев, Е.Г. Лунев, А.П. Толстошеев

Морской гидрофизический институт НАН Украины, г. Севастополь

**РАЗВИТИЕ ДРИФТЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И ИХ ВНЕДРЕНИЕ
В ПРАКТИКУ ОКЕАНОГРАФИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЙ
В ЧЕРНОМ МЕРЕ И МИРОВОМ ОКЕАНЕ**

В 2006 – 2010 гг. в Морском гидрофизическом институте НАН Украины разработаны несколько поколений дрейфующих буйев с уникальными измерительными возможностями, работающими как в традиционной среде спутниковой системы сбора данных и определения координат платформ *Argos-2*, так и в составе новых систем спутниковой связи *Iridium* и *Argos-3*. В статье приведены результаты сравнительного анализа эффективности применения разных систем спутниковой связи, обслуживающих сеть поверхностных дрейфующих буйев.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: *дрифтер, морская поверхность, мониторинг, спутниковые системы связи, сотовые системы связи, Черное море.*

Введение. Эффективность реализации принципов устойчивого развития в значительной степени определяется уровнем фундаментальных и прикладных исследований окружающей среды. Достоверность результатов таких исследований зависит, в свою очередь, от качества и количества информации о состоянии экосистемы и тенденциях ее развития. Для Украины одним из важнейших сегментов экосистемы является Азово-Черноморский бассейн, исследования которого с конца прошлого столетия в силу известных причин существенно сократились и в настоящее время носят фрагментарный характер. Значительная изменчивость этого региона под воздействием естественных и антропогенных факторов определила ситуацию, когда уровень наших знаний о состоянии многих ключевых компонентов экосистемы Черного и Азовского морей перестал быть адекватным. По этим причинам установление комплексного систематического мониторинга морской среды и приподной атмосферы представляется принципиально важной научной и практической задачей для Украины.

Результаты анализа современного состояния средств и методов решения этой задачи сводятся к следующему. В силу экономических причин в настоящее время оказались практически свернуты программы экспедиционных исследований, поставлявшие ранее основной объем информации о состоянии морской среды и приподной атмосферы. Возникшую информационную нишу в известной мере заполнили данные, получаемые дистанционными методами. Однако, при их несомненных достоинствах, эти методы позволяют получать, как правило, лишь косвенную информацию о климато-формирующих параметрах морской поверхности и приподной атмосферы. Достоверность такой информации определяется возможностями верификации результатов зондирования по данным контактных измерений гидрофизических полей, выполняемых в изучаемом регионе, а систематичность ее поступления во многом определяется погодными условиями.

В последние два десятилетия основным источником систематической оперативной комплексной информации о состоянии деятельного слоя океана и

приводной атмосферы стали автономные дрейфующие платформы сбора данных и передачи информации по спутниковым каналам связи – поверхностные дрейфтеры. Современные измерительно-информационные возможности дрейфтеров позволяют выполнять контактные измерения практически всего комплекса параметров среды в любом районе Мирового океана, обеспечивая доставку информации пользователям в режиме времени, близком к реальному. К настоящему времени в океане постоянно функционирует наблюдательная сеть, численность дрейфтеров в которой с 2008 г. поддерживается на уровне не менее 1 250 поверхностных буев, обеспечивая плотность наблюдений 500×500 км. Дальнейшее увеличение числа дрейфтеров в настоящее время ограничивается финансовыми проблемами, связанными с поддержанием работоспособности дрейфтерной сети, что обусловило актуальность задачи повышения эффективности ее использования. Для решения этой задачи Межправительственной Океанографической Комиссией (МОК) ЮНЕСКО совместно с Всемирной Метеорологической Организацией (ВМО) разработана схема поэтапного развития дрейфтерных наблюдений при помощи пилотных проектов. Целями пилотных проектов являются:

- расширение информационно-измерительных возможностей дрейфтеров;
- повышение пространственно-временного разрешения измерений;
- внедрение новых систем связи;
- совершенствование технологии сбора, передачи, обработки и представления данных;
- увеличение времени автономной работы буев;
- создание алгоритмов для оперативного и отсроченного анализа данных.

В статье приведены некоторые результаты работ по развитию дрейфтерной технологии, выполненных в 2006 – 2010 гг. в Морском гидрофизическом институте НАН Украины (МГИ НАН Украины), который является полноправным и активным участником этих проектов.

Исследования по развитию дрейфтерной технологии были направлены на решение целого комплекса научно-технических проблем. Среди полученных результатов наиболее интересными для пользователей являются, по нашему мнению, следующие:

- создание термопрофилирующих дрейфтеров с термолнией до глубины около 80 м [1];
- внедрение в состав дрейфтера приемника глобальной системы позиционирования (*GPS*) и системы синхронизации времени измерений с началом каждого часа;
- адаптация каналов передачи данных дрейфтеров к спутниковым системам связи *Argos-3* и *Iridium* [2];
- создание дрейфтеров с передачей информации по каналам сотовой связи для мониторинга шельфовой зоны Азово-Черноморского бассейна [3];
- создание программно-методического обеспечения для экспорта дрейфтерной информации в базу океанографических данных [4].

В публикациях, приведенных выше, были рассмотрены предварительные результаты, полученные на различных стадиях выполнения проектов. В настоящей статье мы представляем результаты анализа, выполненного с привлечением материалов по всему объему данных, полученных в дрейфтерных экспериментах 2006 – 2010 гг. Сведения о дрейфующих буюх, разработанных в МГИ НАН Украины в этот период, приведены в табл. 1.

Таблица 1. Общие сведения об автономных дрейфующих буях, разработанных в МГИ НАН Украины в 2006 – 2010 гг.

№ п/п	Идентификационный номер буя	Тип буя	Тип спутниковой связи	Координаты точки развертывания	Район дрейфа	Дата развертывания	Дата окончания работы	Продолжительность работы, сутки
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	ID 66475/ WMO 15964	SVP-BTC	Argos-2	44° 30' с. ш. 33° 30' з. д.	Северная Атлантика	30.05.2006	31.08.2006	93
2	ID 66477/ WMO 61505			44° 30' с. ш. 33° 30' з. д.		07.02.2008	17.05.2008	100
3	ID 66478/ WMO 62501			44° 30' с. ш. 33° 30' з. д.		25.05.2007	07.11.2007	166
4	ID 34264 WMO 61684			40° 18' с. ш. 51° 24' в. д.		20.07.2008	27.09.2008	69
5	ID 34265 WMO 61685			41° 30' с. ш. 50° 18' в. д.		05.10.2006	16.02.2007	134
6	ID 34266 WMO 61686			40° 20' с. ш. 51° 24' в. д.		05.10.2006	05.05.2007	212
7	ID 34267 WMO 61770			39° 00' с. ш. 51° 18' в. д.		06.10.2006	19.02.2007	136
8	ID 34268 WMO 61771			39° 00' с. ш. 52° 00' в. д.		20.07.2008	15.12.2008	148
9	ID 40414	SVP-BT/ GPS		44° 00' с. ш. 32° 30' в. д.	Черное море	02.07.2006	22.12.2006	172
10	ID 40418			43° 06' с. ш. 31° 24' в. д.		03.07.2006	22.12.2006	172
11	ID 47621			43° 06' с. ш. 31° 24' в. д.		03.07.2006	01.10.2006	90

1	2	3	4	5	6	7	8	9
12	ID 56090	SVP-BTC60	Argos-2	44° 00' с. ш. 32° 30' в. д.	Черное море	03.07.2006	06.03.2007	246
13	ID 56091			44° 00' с. ш. 32° 30' в. д.		03.07.2006	10.11.2006	130
14	ID 56091	SVP-BTC60		44° 00' с. ш. 32° 30' в. д.		03.07.2006	10.11.2006	130
15	ID 56092			44° 00' с. ш. 32° 30' в. д.		03.07.2006	08.11.2006	128
16	ID 56093			44° 00' с. ш. 32° 30' в. д.		03.07.2006	05.11.2006	125
17	ID 67379 WMO 56532			SVP-B	45° 06' ю. ш. 110° 00' в. д.	Индийский океан	06.12.2006	22.06.2008
18	ID 67380 WMO 56529	20° 00' ю. ш. 110° 00' в. д.			17.11..2006		14.09.2007	754
19	ID 67381 WMO 56531	50° 00' ю. ш. 74° 00' в. д.			11.05.2006		05.09.2008	1653
20	ID 67382 WMO 56519	28° 42' ю. ш. 110° 36' в. д.			30.09.2009		10.11.2009	415
21	ID 34129 WMO 56541	57° 42' ю. ш. 75° 00' в. д.			18.02.2008		24.06.2008	127
22	ID 34134 WMO 56522	15° 18' ю. ш. 91° 36' в. д.	26.12.2007		+			
23	ID 34135 WMO 56515	55° 48' ю. ш. 110° 06' в. д.	04.04.2007		23.08.2009		872	

Продолжение табл. 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
24	ID 34138 WMO 56514	SVP-B	Argos-2	55° 48' ю. ш. 110° 00' в. д.	Индийский океан	04.11.2007	04.09.2009	670
25	ID 34148 WMO 56512			46° 30' ю. ш. 110° 18' в. д.		07.12.2007	16.07.2009	587
26	ID 34149 WMO 53947			13° 00' ю. ш. 88° 06' в. д.		15.10.2007	15.06.2008	244
27	ID 34150 WMO 56506			21° 54' ю. ш. 112° 06' в. д.		20.09.2007	16.05.2009	604
28	ID 49678 WMO 62505	SVP-BTC80/ RTC		46° 12' с. ш. 16° 48' з. д.	Северная Атлантика	15.06.2008	+	
29	ID 513480 WMO 61501	SVP-B/ GPS/RTC	Iridium	44° 18' с. ш. 32° 18' в. д.	Черное море	15.09.2007	12.12.2007	88
30	ID 517480 WMO 71512			57° 32' ю. ш. 56° 42' з. д.	Индийский океан	02.12.2007	10.08.2008	252
31	ID 512480 WMO 44612			58° 00' с. ш. 33° 36' з. д.	Северная Атлантика	15.03.2008	27.05.2009	438
32	ID 434270 WMO 44745			52° 00' с. ш. 52° 00' з. д.		28.10.2008	30.04.2009	184
33	ID 84146 WMO 56939	SVP-B	Argos-2	28° 42' ю. ш. 110° 42' в. д.	Индийский океан	25.11.2008	+	
34	ID 84147 WMO 56939			54° 00' ю. ш. 112° 36' в. д.		04.01.2009	+	
35	ID 84148 WMO 56944			21° 30' ю. ш. 110° 12' в. д.		22.01.2009	20.04.2010	453
36	ID 84149 WMO 56942			49° 42' ю. ш. 114° 24' в. д.		03.01.2009	+	

Продолжение табл. 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
37	ID 84150 WMO 56507	SVP-B	Argos-2	15° 00' ю. ш. 95° 00' в. д.	Индийский океан	21.08.2009	02.01.2010	134
38	ID 84151 WMO 56503			21° 00' ю. ш. 110° 06' в. д.		31.05.2009	20.08.2009	81
39	ID 84152 WMO 56941			45° 24' ю. ш. 112° 05' в. д.		13.01.2009	+	
40	ID 84153 WMO 56948			29° 12' ю. ш. 111° 12' в. д.		27.02.2009	+	
41	IMEI 630380/ WMO 61690	SVP-BTC80/ GPS/RTC	Iridium	43° 34' с. ш. 31° 59' в. д.	Черное море	03.08.2009	02.10.2009	60
42	IMEI 630410/ WMO 61691	SVP-BTC80/ GPS/RTC		43° 34' с. ш. 31° 59' в. д.		03.08.2009	23.11.2009	112
43	IMEI 638390/ WMO 61689	SVP-B/ GPS/RTC		43° 34' с. ш. 31° 59' в. д.		03.08.2009	13.09.2009	41
44	IMEI 486510/ WMO 17526	SVP-B/ GPS/RTC		53° 00' ю. ш. 36° 00' з. д.	Южная Атлантика	15.11.2010	+	
45	IMEI 480510/ WMO 16551	SVP-B/ GPS/RTC		45° 00' ю. ш. 35° 22' в. д.	Индийский океан	13.04.2010	+	
46	IMEI 481500/ WMO 17572	SVP-B/ RTC		50° 00' ю. ш. 01° 23' з. д.	Южная Атлантика	15.12.2009	+	
47	ID 82534 WMO 61503	SVP-B/ RTC	Argos-3	44° 27' с. ш. 33° 12' в. д.	Черное море	24.11.2009	06.10.2010	316
48	ID 82537 WMO 61504			44° 27' с. ш. 33° 12' в. д.		24.11.2009	06.03.2010	102

Продолжение табл. 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
49	ID 52494 WMO 26559	Барометри- ческий ледо- вый маркер GPS/RTC	Argos-2	89° 20' с. ш. 94° 00' в. д.	Северный полюс	15.04.2010	25.08.2010	132
50	ID 52496 WMO 47530			74° 42' с. ш. 94° 49' в. д.	Арктика	26.02.2010	31.05.2010	94
51	ID 43869 WMO 13600	SVP-B/ RTC		37° 00' с. ш. 29° 00' з. д.	Северная Атлантика	19.08.2010	+	
52	ID 43877 WMO 55614			35° 00' ю. ш. 179° 00' в. д.	Море Фиджи	23.08.2010	+	
53	ID 43878 WMO 15501			27° 00' ю. ш. 02° 00' в. д.	Южная Атлантика	26.08.2010	+	
54	IMEI 12487510/ WMO 62510	SVP-BTC80/ GPS/RTC	Iridium	44° 48' с. ш. 05° 12' з. д.	Северная Атлантика	09.05.2010	+	
55	ID 41803 WMO 55962	SVP-B/ RTC	Argos-3	39° 34' ю. ш. 152° 00' в. д.	Тасманово море	30.09.2010	+	
56	ID 41882 WMO 55963	39° 34' ю. ш. 157° 02' в. д.		01.10.2010		+		
57	ID 42957 WMO 55961	43° 08' ю. ш. 154° 49' в. д.		31.10.2010		+		
58	ID 42961 WMO 55644	36° 00' ю. ш. 158° 00' в. д.		02.09.2010		+		
59	ID 42964 WMO 55964	43° 33' ю. ш. 152° 01' в. д.		01.11.2010		+		
60	ID 42973 WMO 55645	37° 00' ю. ш. 162° 00' в. д.		02.09.2010	+			
61	ID 42965 WMO 61987			34° 34' с. ш. 33° 13' в. д.	Средиземное море	05.10.2010	+	

1	2	3	4	5	6	7	8	9
62	ID 66575 WMO 63592	SVP-B/ GPS/RTC	Argos-2	74° 02' с. ш. 31° 49' в. д.	Северный Ледовитый океан	24.09.2010	+	
63	ID 66577 WMO 63593			72° 04' с. ш. 31° 26' в. д.		24.09.2010	+	
64	ID 67619 WMO 66861	SVP-B/ GPS/RTC		58° 24' с. ш. 20° 42' в. д.	Балтийское море	15.07.2010	20.10.2010	97
65	ID 67620 WMO 66862			58° 24' с. ш. 20° 42' в. д.		15.07.2010	+	
66	ID 67621 WMO 66863			58° 24' с. ш. 20° 42' в. д.		18.08.2010	+	

Примечания:

- 1) ID – идентификационный номер дрейфтера;
- 2) WMO – номер дрейфтера по классификации ВМО;
- 3) IMEI – идентификационный номер дрейфтера в системе связи *Iridium* (с 2009 г.);
- 4) знак «+» – дрейфтер в действии по состоянию на 22 ноября 2010 г.;
- 5) обозначения дрейфтеров в графе «Тип буя» соответствуют классификации, приведенной на сайте НПФ «Марлин-Юг» <http://marlin-yug.com>.

Статистический анализ результатов внедрения в дрейферную технологию новых систем передачи данных и определения координат. Эффективность дрейферной технологии, независимо от номенклатуры измеряемых параметров, определяется тем, насколько достоверно могут быть оценены пространственно-временные масштабы выполненных измерений. Поэтому основное внимание при анализе было уделено результатам внедрения в дрейферную технологию новых систем передачи данных и определения координат, качество которых оценивалось по следующим критериям:

- количество пропусков в принятых данных;
- количество пропусков в результатах траекторных измерений;
- время запаздывания доставки данных пользователю;
- погрешность определения координат.

Сопоставление дрейферов с различными типами связи по количеству пропусков в принятых данных и результатах траекторных измерений.

Для сопоставления выбирались временные ряды данных, разбитые на три блока. Каждый блок объединял данные по пяти дрейферам с одинаковыми типами спутниковой связи: *Argos-2*, *Argos-3* и *Iridium*. Продолжительности рядов данных каждого дрейфера составляли не менее 100 суток. Все данные были получены в широком диапазоне влияющих факторов, в частности, поверхностных волнений.

При сравнении оценивались средние в пределах каждого блока плотности распределения интервалов времени между последовательными принятыми сообщениями. На рис. 1 приведены гистограммы распределения интервалов времени между двумя последовательными полученными сообщениями (измерениями) (см. рис. 1, *а*) и наблюдениями (см. рис. 1, *б*) для каждого типа спутниковой связи.

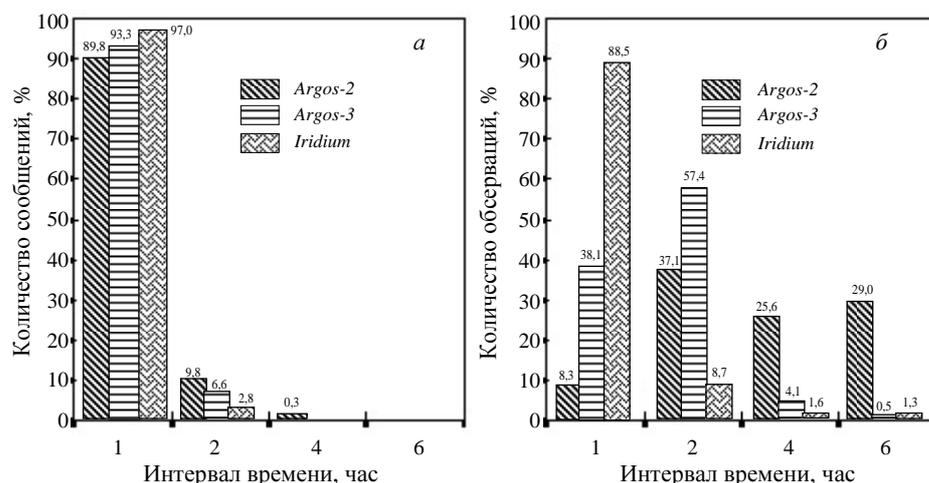


Рис. 1. Распределение в разных системах спутниковой связи интервалов времени: *а* – между двумя последовательными полученными сообщениями; *б* – между двумя последовательными наблюдениями.

Как следует из приведенных данных, для дрейфтеров с каналами связи *Argos-2* около 90 % сообщений об измеряемых параметрах доставляются пользователю с номинальным интервалом 1 ч. Для дрейфтеров с каналами связи *Argos-3* и *Iridium* этот показатель составляет 93,3 и 97 %, соответственно. Существенно большие различия наблюдаются в оценках потерь данных траекторных измерений. Для буев с каналами связи *Iridium* почти 90 % наблюдений следуют с часовым разрешением; около 95 % отсчетов координат дрейфтеров со связью *Argos-3* следуют с интервалами не более 2 ч. В системе *Argos-2* только около 8 % данных о координатах дрейфтеров следуют с интервалом 1 ч, а остальные наблюдения приблизительно равномерно распределены на интервале от 2 до 6 ч.

Сопоставление дрейфтеров с различными типами связи по времени запаздывания доставки данных пользователю.

Начиная с 2008 г. в дрейфтерах, разработанных в МГИ НАН Украины, внедрена функция синхронизации времени измерений с началом каждого часа. Это позволило корректно сравнить разные системы спутниковой связи по времени запаздывания доставки данных пользователю. На рис. 2, а, б, в для трех буев, работающих в системах связи *Argos-2*, *Argos-3* и *Iridium*, представлены первичные данные об интервалах времени, в течение которых результаты дрейфтерных измерений поступают на глобальную телеметрическую систему, т.е. становятся доступны пользователю (по данным сайта <http://www.meteo.shom.fr/cgi-bin/meteo>). Очевидны существенные различия в оперативности получения данных в разных системах связи. Для буев, работающих в *Argos-2* и *Argos-3*, время задержки может изменяться от нескольких минут до двух часов и более. В системе *Iridium* основной объем данных доставляется пользователям с опозданием не более чем на 20 мин, а наибольшие времена запаздывания не превышают 70 мин и проявляются очень редко.

Графики, показанные на рис. 2, г, построены по осредненным долговременным данным о запаздывании доставки сообщений в системах *Argos-2* и *Iridium*. К настоящему времени буи в системе *Argos-3* проработали относительно непродолжительное время, но поскольку принцип доставки сообщений в этой системе не отличается от принципа доставки сообщений в системе *Argos-2*, то приведенные результаты могут быть обоснованно распространены и на *Argos-3*. Как следует из представленных графиков (см. рис. 2, г), в системе связи *Iridium* около 60 % дрейфтерных данных поступают пользователю в течение 8 мин, а 90 % данных – не позднее чем через 15 мин после выполнения измерений. В системах *Argos-2* и *Argos-3* этот показатель на порядок хуже: 60 % данных поступают пользователю только через 90 мин.

Погрешность определения координат.

При том, что современный дрейфтер представляет собой многофункциональное средство измерения параметров поверхностного слоя океана и приводной атмосферы, основное его назначение – трассировка поверхностных течений. Циркуляции водных масс воспроизводятся по результатам измерений траекторий дрейфтеров, координаты которых оцениваются в системах спутниковой связи *Argos-2*, *Argos-3* и *Iridium* по величине доплеровского сдвига частоты сигнала передатчика. Системы определения координат *Argos-2* и *Argos-3* имеют одинаковые характеристики, поэтому при их оценивании принимались к рассмотрению данные дрейфтеров *Argos-2*.

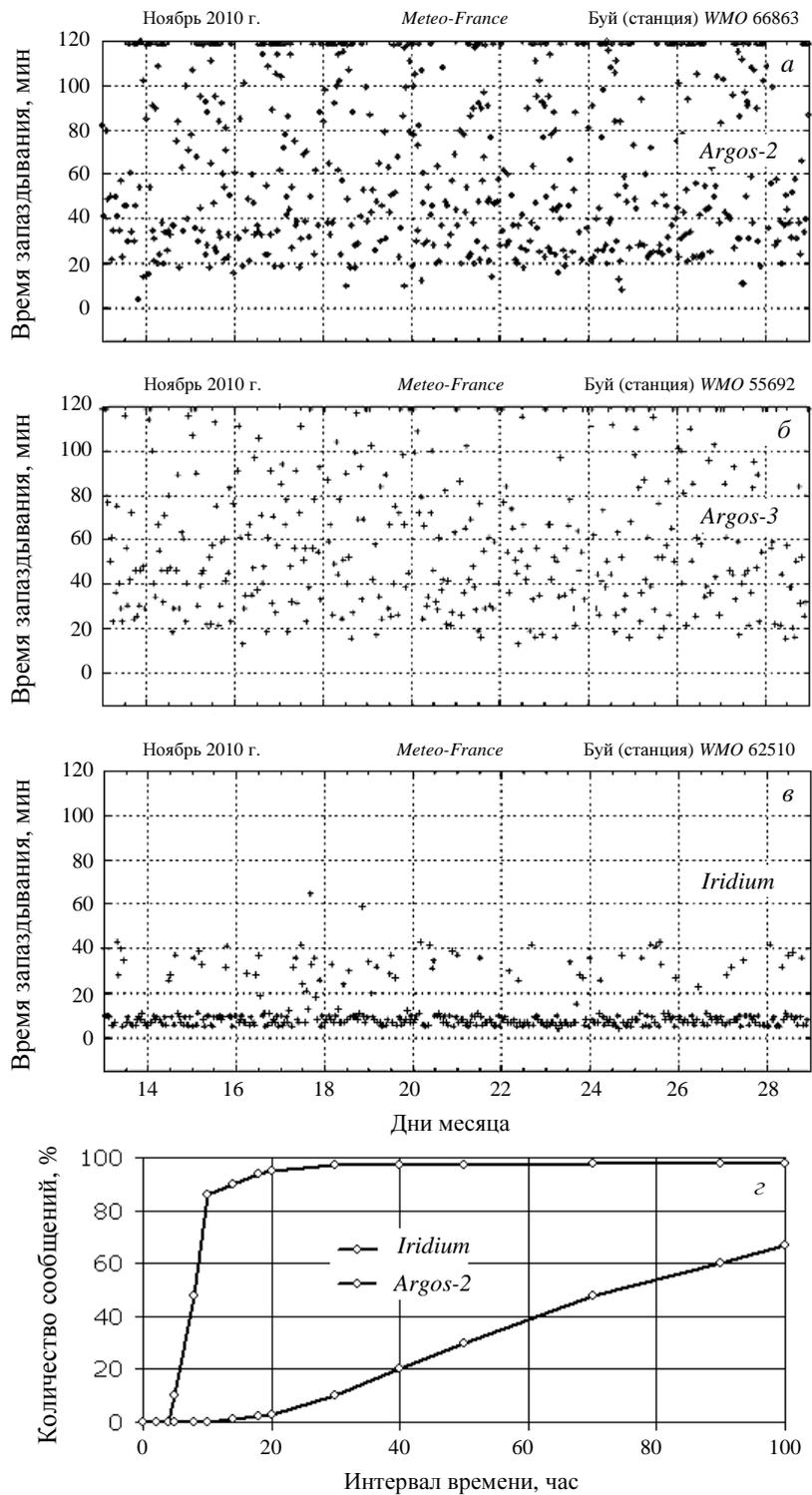


Рис. 2. Времена запаздывания доставки данных в системах связи Argos-2, Argos-3 и Iridium.

Погрешности оценивания координат доплеровским методом в системах *Argos* и *Iridium* существенно различаются. В системе *Argos* в зависимости от характеристик канала связи неопределенность локализации изменяется от 150 до 1 000 м. Эллипс ошибок локализации в системе *Iridium* имеет большой эксцентриситет. Длина его большой оси, ориентированной в направлении «восток-запад», составляет около 10 000 м, а длина малой – на порядок меньше. Такие погрешности при применении традиционных способов отбраковки и линейной интерполяции данных оказываются вполне приемлемыми при изучении крупномасштабных процессов переноса поверхностных вод. Для исследований более высокочастотных процессов в настоящее время все чаще применяются буи со встроенными приемниками *GPS* (см. табл. 1), что позволяет воспроизводить траектории буев с погрешностью не хуже 50 м. Тем не менее, доплеровский метод определения координат дрейфтеров остается наиболее распространенным и пользователи заинтересованы в достоверных оценках его погрешности в реальных условиях эксплуатации. Получить такие оценки удалось по результатам траекторных измерений дрейфтеров, координаты дрейфов которых воспроизводились как по данным встроенных приемников *GPS*, так и по доплеровскому методу. Оценки рассчитывались как для *Argos*-дрейфтеров, так и для буев, работающих в системе связи *Iridium*. Для сопоставления временные ряды *GPS*-координат интерполировались на отсчеты времени «доплеровских» измерений. На рис. 3 приведены фрагменты траекторий *Argos*-дрейфтера *ID 67619* (см. рис. 3, а) и *Iridium*-дрейфтера *IMEI 486510* (см. рис. 3, в) и соответствующие им распределения (см. рис. 3, б, г) модуля вектора отклонений координат, рассчитанные по данным доплеровского метода, от координат, полученных по данным приемников *GPS*.

Оценки средних значений отклонений между траекториями дрейфа, определенными с помощью доплеровских систем и системы *GPS*, для *Argos*-дрейфтеров *ID 67619*, *ID 67620* и *ID 67621* составили 450 м, 400 м и 418 м; для *Iridium*-дрейфтеров *IMEI 486510*, *IMEI 630380* и *IMEI 480510* – 3 540 м, 3 440 м и 3 470 м, соответственно. Распределения оценок модуля вектора отклонений для *Argos*-дрейфтеров оказались близкими к логарифмически нормальному (логнормальному) с уровнями значимости 0,85 – 0,95; для *Iridium*-дрейфтеров – близкими к нормальному с уровнями значимости 0,6 – 0,7.

Для анализа привлекались долговременные ряды данных траекторных измерений, полученные в реальных условиях эксплуатации, в частности, при воздействии поверхностного волнения. Это позволяет обоснованно применять результаты анализа для достоверного оценивания качества разных типов спутниковой связи и методов воспроизведения траекторий поверхностных дрейфующих буев.

Заключение. В сложившейся на сегодня структуре глобальной системы оперативных наблюдений океана МГИ НАН Украины стал одним из центров, где определяются стратегические направления развития дрейфтерной технологии. В течение 2006 – 2010 гг. в институте разработаны несколько поколений дрейфующих буев с уникальными измерительными возможностями, работающими как в традиционной среде спутниковой системы

сбора данных и определения координат платформ *Argos-2*, так и в составе

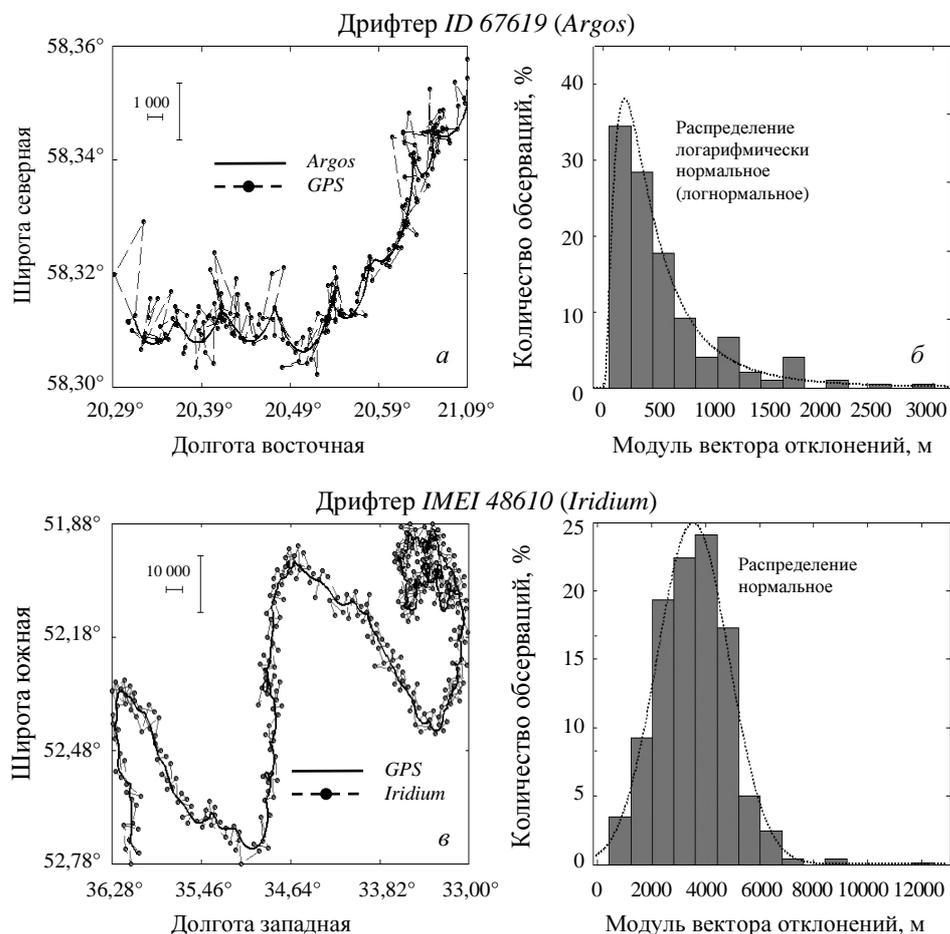


Рис. 3. Фрагменты траекторий дрейфтеров *ID 67619* (а) и *IMEI 48610* (в) по данным доплеровского метода систем связи *Argos* и *Iridium* и данным приемника *GPS* и соответствующие им распределения (б) и (г) оценок модуля вектора отклонений. Штриховыми линиями показаны графики теоретических логарифмически нормального (б) и нормального распределений (г).

новых систем – *Iridium* и *Argos-3*.

В ходе дрейфтерных экспериментов, проводившихся в различных регионах Мирового океана, были получены ряды данных о физических параметрах и приводной атмосферы. Наряду с этими данными были получены данные о параметрах поверхностных дрейфующих буев. Результаты такого сопоставления

Приведенные в статье результаты позволяют объективно оценить информационно-измерительные возможности современных поверхностных дрейфующих буев со спутни-

представительные долговременные характеристики верхнего слоя океана. Анализ результатов экспериментального применения различных систем поверхностных дрейфующих буев приведены в табл. 2.

Эти данные позволяют объективно оценить возможности современных поверхностных дрейфующих буев со спутни-

Количество наблюдений, %

0

выборе модификации дрефтера для оптимального решения научно-прикладных задач мониторинга морской среды и прибрежной атмосферы.

Таблица 2. Оценки параметров систем передачи информации и определения координат по данным дрейферных экспериментов 2006 – 2010 гг.

Параметр	Спутниковая система связи		
	<i>Argos-2</i>	<i>Argos-3</i>	<i>Iridium</i>
1. Количество сообщений, полученных с интервалом времени 1 ч, %	89,8	93,3	97,0
2. Количество обсерваций, полученных с интервалом времени 1 ч, %	8,3	38,1	88,5
3. Задержка времени получения 60 % сообщений, мин	90		менее 10
4. Оценка среднего значения погрешности определения координат по доплеровскому методу, м	≤ 450 м		≤ 3540 м
5. Оценка среднего значения погрешности определения координат по данным приемника <i>GPS</i> , м		≤ 50 м	

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Толстошеев А.П., Лунев Е.Г., Мотыжев С.В. Исследование верхнего слоя Черного моря с помощью термопрофилирующих дрейфующих буев // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа. – Севастополь: НПЦ «ЭКОСИ-Гидрофизика». – 2008. – вып. 16. – С. 116-123.
2. 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 // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа. – Севастополь: НПЦ «ЭКОСИ-Гидрофизика». – 2010. – вып. 23. – С. 217-227.
3. Лунев Е.Г., Иванов В.А., Кириченко А.Г., Лемешко Е.М., Мотыжев С.В. Дрейферная измерительно-информационная система для мониторинга течений в прибрежной зоне моря // Морской гидрофизический журнал. – 2010. – № 5. – С. 50-62.
4. Ратнер Ю.Б., Толстошеев А.П., Холод А.Л., Мотыжев С.В. Создание базы данных мониторинга Черного моря с использованием дрейфующих поверхностных буев // Морской гидрофизический журнал. – 2009. – № 3. – С. 50-68.

Материал поступил в редакцию 21.02.2011 г.

После переработки 21.02.2011 г.